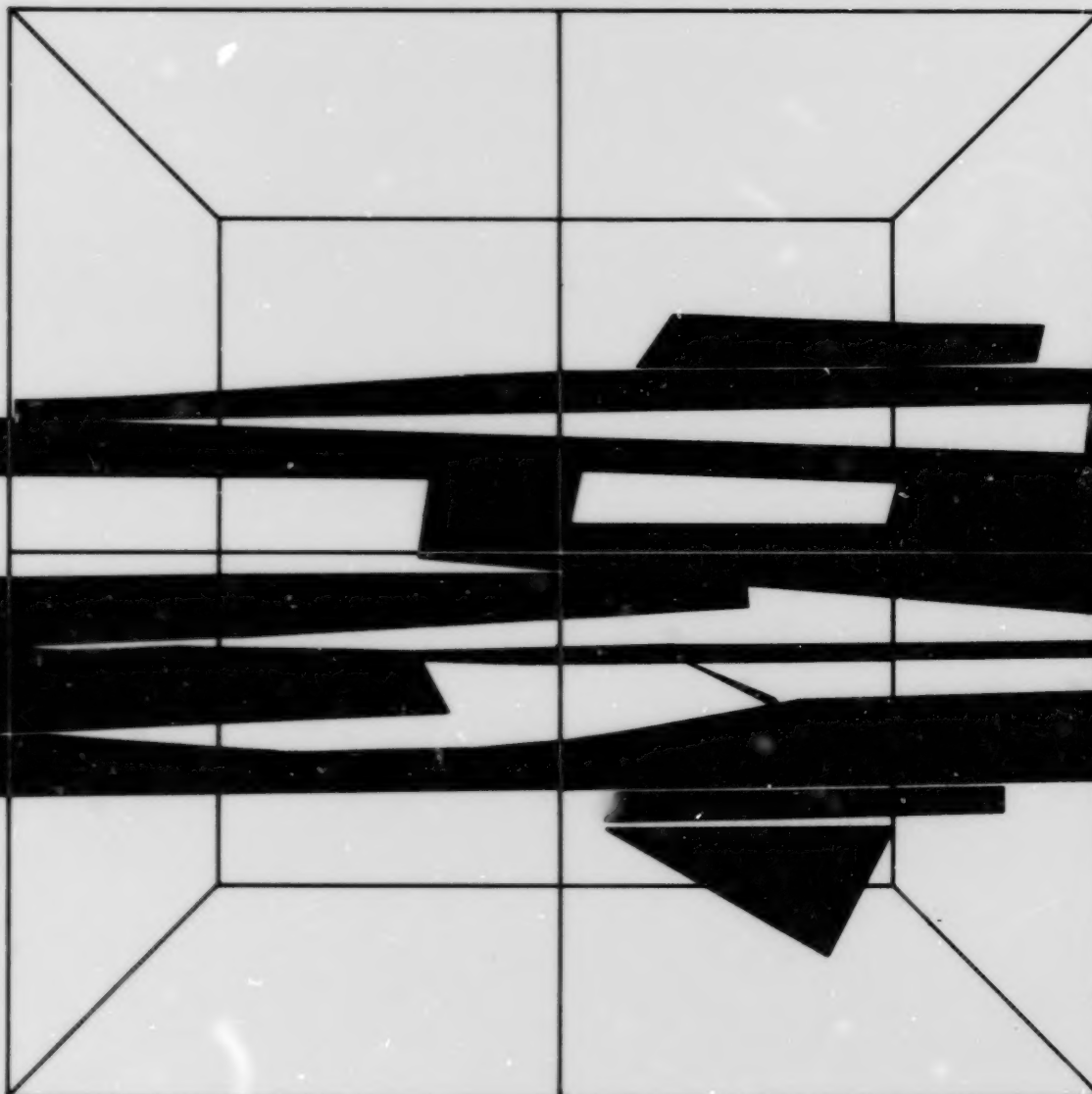


Summaries of Studies Related to the Review of New Motor Vehicle Emission Standards

Report EPS 2/TS/5
November 1984



Environment
Canada

Environmental
Protection
Service

Environnement
Canada

Service de la
protection de
l'environnement

Canada

**SUMMARIES OF STUDIES RELATED
TO THE REVIEW OF NEW MOTOR VEHICLE
EMISSION STANDARDS**

Industrial Programs Branch
Environmental Protection Programs Directorate
Environmental Protection Service
Environment Canada

Report EPS 2/TS/5
November 1984

NOTICE

These summaries have been reviewed by the Environmental Protection Programs Directorate, Environmental Protection Service, and approved for publication. Approval does not necessarily signify that the contents reflect the views and policies of the Environmental Protection Service. Mention of trade names or commercial products does not constitute recommendation or endorsement for use.

PREFACE

Environment Canada, in co-operation with Transport Canada, has undertaken a review and analysis of the implications of introducing more stringent emission standards in Canada for new light-duty vehicles, i.e., gasoline- and diesel-powered automobiles and light-duty trucks.

As background documentation to this review, Environment Canada has published four reports which serve to place this issue in perspective. They are entitled:

Effects of Nitrate on the Acidification of the Aquatic System	Report No. EPS 2/TS/1
The Atmospheric Pathway for Oxides of Nitrogen	Report No. EPS 2/TS/2
Light Duty Vehicle Emissions and the Oxidants Issue in Canada	Report No. EPS 2/TS/3
Air Pollution Emissions and Control: Light Duty Vehicles	Report No. EPS 2/TS/4

At the same time, eight consultants' studies were commissioned to examine various aspects of the issue. Due to the extensive lengths of some of the final reports, Environment Canada has decided to publish their executive summaries for the purpose of disseminating the information obtained.

Any comments or questions concerning the contents of any of the reports may be directed to:

Mr. Vic Shantora
Transportation Systems Division
Industrial Programs Branch
Environmental Protection Service
Environment Canada
Ottawa, Ontario
K1A 1C8



TABLE OF CONTENTS

	Page
PREFACE	iii
EXECUTIVE SUMMARY: EFFECTS OF AUTOMOTIVE EMISSIONS R.J. Kolomeychuk and K.L. Yeager, The Environmental Applications Group Limited, and A. Yassi	1
EXECUTIVE SUMMARY: THE TECHNOLOGY AND COSTS TO CONTROL AUTOMOTIVE EMISSIONS IN CANADA Pilorusso Research Associates Inc. and DeKany Associates	10
EXECUTIVE SUMMARY: ANALYSIS OF HISTORICAL CAR PRICE DIFFERENCES BETWEEN CANADA AND THE U.S. James F. Hickling Management Consultants Ltd.	18
EXECUTIVE SUMMARY: PROPOSED AUTOMOBILE EMISSION STANDARDS, AN AIR QUALITY ASSESSMENT Concord Scientific Corporation	22
EXECUTIVE SUMMARY: REVIEW OF METHODOLOGIES TO EVALUATE THE BENEFITS OF LOWERING THE LEVELS OF LIGHT DUTY VEHICLE EMISSIONS Pilorusso and J.G. Shaw, Pilorusso Associates Inc. P.A. Victor, Victor & Burrell Research and Consulting E. Hanna, J.E. Hanna Associates Inc.	27
EXECUTIVE SUMMARY: AUTOMOTIVE FUEL CONSUMPTION ANALYSIS, U.S. vs. CANADA (1980-1983) James F. Hickling Management Consultants Ltd.	35
EXECUTIVE SUMMARY: COSTS TO PETROLEUM REFINING INDUSTRY ASSOCIATED WITH MMT REMOVAL AND GRADE SPLIT CHANGES OF MOTOR GASOLINE Monenco Limited	37
EXECUTIVE SUMMARY: ANALYSIS OF PROPOSED REVISIONS TO CANADIAN LIGHT DUTY VEHICLE EMISSIONS STANDARDS Pilorusso Research Associates Incorporated	41



EXECUTIVE SUMMARY: EFFECTS OF AUTOMOTIVE EMISSIONS*

prepared by

R.J. Kolomeychuk and K.L. Yeager, The Environmental Applications Group Limited, and A. Yassi

1 Introduction

The effects of automotive emissions were reviewed for Environment Canada as part of a Socio-Economic Impact Analysis (SEIA) of the proposed revision of Canadian New Motor Vehicle Exhaust Emission Standards. This document investigates the following pollutants related to automobile emissions: carbon monoxide, nitrogen oxides, photochemical oxidants, hydrocarbons, and diesel exhaust particulates. The effect of the nitrate component of acid precipitation, formed from nitrogen oxides, was also reviewed.

The rationale for establishing ambient air quality objectives and guidelines was investigated to establish the areas of concern for adverse effects. The setting of air quality objectives requires an interpretation of what is considered a non-acceptable effect and of what is a "safe" pollutant level providing protection from these effects. The approach used in defining or promulgating a "safe" level is important because rarely is there sufficient scientific information about a pollutant to provide this distinction. In these cases a margin of safety is usually incorporated to account for uncertainties.

Effects documented in this report include:

- 1) Health effects of carbon monoxide, nitrogen oxides, ozone, diesel exhaust particulates and hydrocarbons.
- 2) Effects on the terrestrial ecosystem, particularly crop damage.
- 3) Effects on the aquatic ecosystem, especially fisheries (acid rain).
- 4) Materials damage.
- 5) Visibility reduction by particulate and gaseous emissions and photochemical products.

The documentation of acid rain formation due to automotive air pollution (particularly NO_x) and its environmental effects also constitute a part of this document. In a similar manner, the formation of photochemical oxidants is reviewed to provide a

* Report prepared under DSS Contract No. KE145-2-0692, October, 1983.

consistent approach to summarizing the effects (both direct and indirect) of automotive air pollution.

The cost-benefit approach used in the SEIA requires rather precise dose-response functions for each effect. Assessment of the present information base shows that major gaps in knowledge exist for each of the pollutants covered in this report. Additionally, there can be disagreement on what constitutes an adverse effect. Whenever possible, and within the limitations of current knowledge, dose-response functions have been provided as input to the SEIA.

This report relies heavily upon air quality criteria documents produced by Environment Canada, the United States Environmental Protection Agency, the World Health Organization and other agencies. No attempt was made to comment on all of the primary documents referred to. Rather, original works or reviews believed to be most significant are included plus any other significant work published since the dates of the criteria documents.

2 Air Quality Standards

Ambient air quality standards or objectives may vary from country to country and within a country over the course of time as new knowledge is acquired. The long-term goal is generally to protect against adverse effects on human health. Consideration is also given to adverse effects on the environment such as vegetation damage, materials damage, and visibility impairment. The concept of a standard to protect receptors from significant harm is a statistical one, based on consideration of an aggregate of individual cases of significant harm. The adoption of a standard may not confer protection on every individual. The following provides a brief synopsis of air quality standards for carbon monoxide, nitrogen dioxide, hydrocarbons, and photochemical oxidants. No air quality standards have been promulgated in Canada for diesel exhaust particulates or acid deposition.

Carbon Monoxide. The generally recognized 'safe' carboxyhaemoglobin (COHb) levels in blood have decreased over the last decade, resulting in lower existing guides and proposed standards. The more rapid rate of accumulation of COHb by individuals engaged in strenuous physical activity has also been recognized. The current CO maximum acceptable limit of 34 mg/m^3 (30 ppm) for one hour, recommended in 1971, is 6 mg/m^3 (5 ppm) higher than the more recent World Health Organization (WHO) recommendations and the proposed United States standard. Similarly, the Canadian maximum acceptable limit for eight-hour exposure is higher than the existing United States standard and the

1979 WHO recommendation. Only the Japanese eight-hour standard which was set in 1971 is higher than the Canadian counterpart.

All of the CO standards set or recommended are directed at the protection of vulnerable groups such as cardiac patients and anaemics from adverse effects. In the United States, the concept of providing a margin of safety for sensitive groups visiting high altitude locations (e.g., a cardiac patient from New York visiting Denver) and the fetus has been incorporated. There is also uncertainty in model relationships between CO exposure and COHb blood levels. One of the aspects being explored by the U.S. EPA and the Canada Subcommittee on National Air Quality Objectives is the sensitivity of the Coburn Model predictions of COHb levels to variable rather than static CO concentrations and to different physiological parameters.

Nitrogen Dioxide. The long-term standards for NO₂ for all countries are in the vicinity of 100 µg/m³ (0.05 ppm) NO₂ based on protecting the health of sensitive groups of the population. Of the countries with short-term standards (daily or one-hour averages), the primary criteria have been health effects, but consideration has also been given to the role of NO₂ in the formation of photochemical pollution (Japan and West Germany), plant damage (Canada), and sensory perception (Canada). The scientific criteria available for a long-term standard based on health effects are very tenuous and the World Health Organization as of 1977 found insufficient information to recommend an air quality guide. The U.S. EPA review of scientific criteria also reached this conclusion, but since an annual standard was in place, it was felt that this level could be used as a surrogate for protection against short-term peaks of NO₂. An appreciable safety factor of 3 to 5 was incorporated into the one-hour WHO health guideline because of the high biological activity of the NO₂.

Hydrocarbons. There are no air quality objectives for hydrocarbons in Canada. In 1983, the United States revoked its non-methane hydrocarbons standard of 160 µg/m³ (0.24 ppm) as a three-hour average from 6 to 9 a.m. The standard had been unique in that the level set was not based on direct health or welfare effects of hydrocarbons, but was intended to provide a means of attaining the ozone standard.

Photochemical Oxidants. The chronological history of the setting of standards and recommendation of guidelines has resulted in conflicting trends. The United States relaxed its one-hour standard from 160 µg/m³ (80 ppb) to 240 µg/m³ (120 ppb) in 1979, while the WHO in the same year reduced its guidelines for protection of human health from the range of 200-250 µg/m³ (100-125 ppb) to 100-200 µg/m³ (50-100 ppb). The

Canadian maximum acceptable objective is $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (80 ppb) as a one-hour average. These differing interpretations are essentially based on the same set of scientific criteria, although the WHO tends to use animal data more than the United States to support its recommendations.

Overall, ozone standards have been set primarily to protect public health. In Canada, vegetation damage was also considered in establishing maximum acceptable objectives. The province of Ontario's air quality criterion for ozone is primarily based on avoidance of vegetation damage.

3 Effects of Automotive Emissions

Air quality criteria are based on the observed effects or responses of one or several atmospheric substances on a defined receptor or population under specified conditions. These criteria are used as a basis for standard-setting and, in cases where information is complete, are synonymous with dose-response relations. The following provides a brief summary of the effects of automotive air pollutants on receptors or populations.

3.1 Health. Carbon monoxide (CO) impedes normal cardiac function, which is of greatest relevance to individuals with cardio-vascular disease. Carbon monoxide also has an adverse effect on work performance and on central nervous system functions. Impairment of vigilance or performance of complex tasks can occur at low levels of CO exposure which may be of significance to the general population, especially with respect to its possible effect on driving skills. No such effect has, however, been clearly documented. Pregnant women, their fetuses, and newborn babies, are particularly susceptible to carbon monoxide toxicity, but precise quantification of increased risk for this group is not yet possible.

Exposure to nitrogen dioxide (NO_2) affects sensory perception and causes irritation to the mucous membranes of the respiratory tract. The adverse effect of NO_2 on lung function may be of particular relevance to asthmatics. It also appears that NO_2 increases susceptibility to infection, possibly accounting for an increased incidence of respiratory disease, most notably in children.

Exposure to ozone may induce abnormalities in various organs throughout the body. Again, the respiratory system is the site of greatest damage. Ozone impairs lung function, with the magnitude of the effect dependent on a variety of factors, including individual susceptibility and level of exercise. Decreased performance, exacerbation of

asthma, increased susceptibility to infection and excess respiratory disease hospital admissions have all been linked to ozone exposure.

Diesel exhaust is known to contain a high concentration of particulates, with the latter having been linked to increased mortality among the elderly and patients with respiratory disease (chronic bronchitis, emphysema, etc.). Exposure to suspended particulates is also known to exacerbate disease in such patients, and studies have linked the frequency of asthma attacks and incidence of acute respiratory disease in children to exposure to particulates. Diesel exhaust emissions are composed primarily of very fine particles and it is not known to what extent these fine particles contribute to respiratory disease. The major health concern associated with diesel emissions is its potential to be cancer-causing. At present, no convincing evidence exists to substantiate, let alone quantify, this risk to humans.

Hydrocarbons as a class have little direct effect on health at ambient levels. Some hydrocarbons, however, can be hazardous at levels approximating those found in the ambient air. Benzene, for example, known to be capable of producing serious blood disorders, including leukemia, may be of concern in some specific settings. Aldehydes, such as formaldehyde, which may be formed from hydrocarbons emitted in automobile exhaust, may be irritating to the mucous membranes or cause asthmatic attacks in sensitive individuals. Quantification of this effect is not possible at this time.

Acid precipitation may also indirectly affect health by increasing the risk of mercury poisoning, lead poisoning or intoxication from other elements in some areas and populations.

3.2 Terrestrial Systems. Studies of air pollutant effects on terrestrial systems have concentrated mainly on vegetation. Visible leaf injury is the most readily detected and most frequently reported symptom of exposure to NO_2 , and has been documented in many reports of damage to economic crops. Studies have shown, however, that declines in plant growth and yield can occur without such visible symptoms.

Exposure to short-term peaks in NO_2 may cause as much or more damage to vegetation than does continuing exposure over a growing season. Growth and yield reductions may take place with minimal or no foliar injury, while it is also possible to detect extensive foliar injury with no significant effects on crop yields.

Studies on combined exposures to NO_2 and SO_2 have found that the NO_2 injury threshold can be significantly reduced in the presence of SO_2 . Responses to mixtures are related to concentration ratios, sequence of exposure and other variables. Ambient

concentrations in some areas of North America are within ranges at which observable injuries have occurred.

The available data suggest that ozone (O_3) is the most pervasive and economically damaging of the photochemical oxidants. Ozone's effects on plants include metabolic alterations, reduced primary production, and subsequent changes in the partitioning of photosynthate and related reductions in biomass and/or yield. Other effects include those that relate to plant quality, such as foliar injury or altered nutritional composition of crops. Studies note that while foliar injury is a useful indicator of the presence of photochemical oxidants, it may be caused by other stresses and may not always be a reliable predictor of effects of oxidants on growth, yield or quality. Current evidence suggests that ozone in ambient air in many areas of North America is sufficient to reduce the growth and yield of vegetation, and that sensitive crops are significantly affected by a seven-hour midday seasonal average O_3 concentration of 80 to 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.04 to 0.10 ppm).

There is evidence to suggest that major portions of temperate forest ecosystems are undergoing significant changes related to the presence of oxidants. Decreases in production and diversity are evident, with early and mid-successional forests being particularly endangered. Long-term continual stresses are thought to decrease total foliar cover and species richness and increase dominance by oxidant-tolerant species. Gradual and subtle changes in forest metabolism, growth and composition over wide areas of the temperate zone are thought by researchers to be much more important than the more dramatic destruction of forests in the immediate vicinity of point sources of oxidants over short periods.

Nitrogen inputs from acid precipitation are probably insignificant as a nutrient source relative to agricultural crop requirements, but may supply as much as 40% of forest nitrogen requirements. There is currently little certain evidence that existing acidic nitrogen precipitation levels are having deleterious effects upon terrestrial vegetation, but they may affect the productivity of forest and crop plants by direct impaction, changes in soil structure and processes, or leaching of minerals from watersheds. Foliar injury due to nitrogen in acidic deposition has not been documented in the field, but treatments under controlled conditions with simulated acidic nitrogen precipitation have resulted in foliar injury, growth reductions and growth stimulations in some cases. Too few studies have been completed to assess accurately the terrestrial effects of nitric acid precipitation.

3.3 Aquatic Systems. Acidic sulphur inputs exceed acidic nitrogen inputs over eastern North America on an annual basis and the net deposit of these anions in streams and lakes is predominantly sulphate. Researchers have concluded that, since nitrate reaches surface waters in small amounts relative to its loadings on an annual basis and does not accumulate in surface waters, its influence on long-term surface water acidification is less than that of sulphate.

Nitric acid may play a more significant role in short-term acidification associated with spring melt of nitrate-containing snowpack by adding to the existing pH depression caused by sulphate. Studies to date of this phenomenon have found that sulphate concentrations still exceed nitrate on an equivalent basis, even during spring runoff.

The evidence of published sources leads to the conclusion that, in surface water systems, most of the increases in acidity observed were due to changes in sulphate concentration attributed to sulphate and sulphuric acid deposition. Both sulphuric and nitric acids contribute acidity to surface waters during periods associated with pH depression and fish stress. There is no strong evidence at present for anticipating any appreciable reduction in long-term lake or stream acidification from a reduction in nitrate inputs.

Atmospheric nitrogen may supply a significant proportion of loadings to the Great Lakes and other Canadian waters. In most lakes, eutrophication is largely limited by phosphorus availability, so that atmospheric nitrogen inputs are unlikely to be a major contributor to lake enrichment. Coastal and estuarine ecosystems, and currently eutrophied lakes are exceptions where increased nitrogen supplies may contribute to stimulated aquatic production.

3.4 Man-Made Materials. Damage to some man-made materials by ozone and nitrogen dioxide has been documented at levels experienced in the ambient atmosphere. However, caution must still be used in applying documentation of material damage in chamber studies to real life exposures.

Cellulosic fibres (cotton and viscose rayon) dyed with direct dyes, vat dyes, and fibre reactive dyes suffer severe fading on chamber exposures to $940 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.5 ppm) NO_2 with high humidity (90%) and high temperatures (30°C). Significant fading has been observed on 12 weeks exposure to $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.05 ppm) under the same high humidity and temperature conditions. Acid dyes on nylon fade on exposure to NO_2 at levels of $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.1 ppm) under the same environmental conditions. Yellowing of white

fabrics in polyurethane segmented fibres, rubberized cotton, optically brightened acetate, and nylon have been documented in chamber studies using $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.2 ppm) NO_2 at eight hours exposure. Nitrates have been implicated in the cracking of wires made of nickel brass alloy that are used in telephone equipment, but no other evidence exists for metal corrosion. Since nitrate salts are more hygroscopic than chloride or sulphate salts, nitrates may lower the threshold requirements for wet metal corrosion.

The only quantified effect of ozone on materials is for tire products. Stressed natural rubber cracks at an ozone concentration as low as $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (20 ppb). Tires are protected from ozone degradation by the addition of antiozonants which inhibit ozone reactions. Ozone can affect textile dye fading under select conditions but this cannot be readily generalized to the urban environment. All effects have occurred at high temperatures and high relative humidities. Some recent work has indicated there may be a significant association between the erosion of latex paint and relative humidity and ozone but further work is required to provide a definitive dose-response damage function. No evidence currently exists to substantiate any adverse effects on structural materials by ozone, nitrogen dioxide, or nitrates.

3.5 Visibility. Visibility is recognized as being important to perceived air quality by people in general and by government agencies. One of the criteria used to establish the Canadian maximum air quality objective for suspended particulates was protection against visibility impairment. Recently both the U.S. Environmental Protection Agency and the Canadian National Research Council have recommended that standards (objectives) be established for fine particles with visibility as a criterion on the basis of the relatively well-defined relationship between visual range and fine particle mass. These fine particles in many cases are photochemical products of gaseous emissions. The basis for estimating visual range from fine particle mass concentration is reasonably well known. Semi-empirical relationships may be used as an indicator of the relative importance of the various chemical species present as fine particles to visibility impairment. The importance of sulphates in visibility reduction in eastern North America is firmly established, while nitrates, organic compounds, and carbon (soot) are more site dependent.

The recent United States-Canada Memorandum of Intent on long-range transport of air-borne pollutants concludes that "available data suggest that nitrates exist predominantly in the vapour phase and are for the most part of little consequence to visibility in eastern North America."

The contribution of nitrogen dioxide to reduction of visual range is small, but it may cause a brownish haze in some circumstances; however, in the majority of cases, brownish haze has been attributed to particle scattering.

3.6 Indirect Effects. Indirect effects include the formation of a secondary reaction product which itself has a direct effect in the previously summarized five areas of human concern. These indirect effects include the formation of photochemical oxidants from primary emissions of hydrocarbons and nitrogen oxides in the presence of sunlight and the formation of nitrates and nitric acid from emissions of nitrogen oxides. The end products all have known or suspected adverse effects on various receptors. The quantitative relationship between precursors (NO_x and hydrocarbons) and end products (O_3 , HNO_3) is very complicated and not completely understood.

The role of NO_x emissions in formation of photochemical oxidants is a matter of controversy. Some studies suggest that decreasing present NO_x levels will promote formation of ozone.

All of the conversion processes involved in acid precipitation require oxidizing substances such as hydrogen peroxide, ozone, and hydroxyl radicals. The production of these compounds is directly related to the reactive hydrocarbon pollutant class. The conversion of air pollutants to acid aerosols occurs at different rates, depending on the relative and absolute amounts of sulphur dioxide, nitrogen oxides, hydrocarbons, and fine particles present in emissions. Meteorological conditions also greatly influence overall conversions. The acid conversion process on an event basis (short-time period) may be characterized by SO_2 and NO_x competition for oxidants and inhibition of one acid's formation by the presence of the other compound. However, over a long time and on a large regional scale the reactions may possibly be considered linear. In other words, the concentration of the acid formed may be directly proportional to the amount of its precursor emitted.

EXECUTIVE SUMMARY: THE TECHNOLOGY AND COSTS TO CONTROL AUTOMOTIVE EMISSIONS IN CANADA*

prepared by

Pilorusso Research Associates Inc. and DeKany Associates

The study described in this report was undertaken as part of the Socio-Economic Impact Analysis (SEIA) of the proposed hydrocarbon (HC), carbon monoxide (CO), and nitrogen oxides (NO_x) emission standards of 0.25 HC, 4.35 CO, and 0.62 NO_x grams per kilometre. The announcement of the proposed standards and that a SEIA would be prepared was made in the Canada Gazette, Part I, September 18, 1982.

The main purposes of the study were to examine the technology required for more stringent control of automobile emissions and to determine the additional costs of the hardware that would be required to meet these emission standards. The basis for the analyses was existing data. No experimental work, laboratory testing, or other new work was carried out. A questionnaire survey of motor vehicle manufacturers provided part of the data used in the analyses.

In addition to emission control technology and costs, the effects on emissions of cold weather conditions such as those encountered in Canada and fuel composition were considered.

The main findings and conclusions are as follows:

Emission Control Technology to Meet Current Standards

A non-catalyst emission control system provides a control margin sufficient to enable most manufacturers to meet current Canadian emission standards. However, if time and human resources are limited and good fuel consumption is an important goal, the oxidation catalyst is a more cost-effective option for many manufacturers. The selection of a three-way catalyst system, or more correctly, a U.S. federal emission control system, is dictated solely by production volume considerations; this system would be selected whenever costs for development, certification, and compliance of a unique Canadian system exceed the costs of a U.S. federal system.

Toyota and Honda were the only motor vehicle manufacturers that provided data on the costs of current emission control systems. The retail price equivalent (i.e.,

* Prepared under DSS Contract No. KE145-2-0739, October, 1983.

the cost at the consumer level) of a non-catalyst system was estimated to be \$182 by Toyota and \$150 to \$475 by Honda. The retail price equivalent of an oxidation catalyst system was estimated to be \$227 by Toyota and \$410 to \$610 by Honda. The authors' estimates of retail price equivalents, based on U.S. Environmental Protection Agency (EPA) data, are \$130 and \$390 for non-catalyst and oxidation catalyst systems, respectively. All of the retail price equivalents above are in 1983 Canadian dollars.

Emission Control Technology to Meet Proposed Standards

There is clear agreement among the manufacturers that the basic emission control approach will be the closed-loop, three-way catalyst system. In addition to the catalyst, the typical system will consist of exhaust gas recirculation (EGR), air injection (pulse air in light vehicles, air pump in heavy vehicles), oxygen sensor, micro-computer, and feed-back carburetor or electronic fuel injection. More manufacturers will adopt single-point electronic injection in place of carburetors because of slightly lower cost and more precise fuel control. Engine modifications incorporating new fast burn concepts will be more common. The lightest vehicles could likely meet the proposed standards with oxidation catalyst systems. Open-loop three-way systems would also be used in some light, four-cylinder vehicles.

While some manufacturers have indicated that they will need to use three-way plus oxidation catalyst systems, it is the technical judgement of the authors that the addition of oxidation catalyst is not required to meet a 4.35 CO grams per kilometre standard. The manufacturers also made this judgement during testimony before a U.S. Congressional Committee meeting in 1982 when they argued for a relaxed CO standard.

The table below is a comparison of the manufacturer and EPA estimates of incremental increases in price to upgrade emission control systems from present systems to those needed to meet proposed standards.

As expected, the range in reported prices reflects differences in production volume, hardware sophistication, cost accounting, allocation practices, and other cost factors. The authors' best estimate of the incremental cost impact to the consumer of adopting the proposed standards is about \$200 for upgrading the current oxidation catalyst system to a three-way and about \$400 for upgrading the current non-catalyst system to a three-way system.

COMPARISON OF INCREMENTAL RETAIL PRICES TO MEET PROPOSED STANDARDS
(1983 Canadian Dollars)

Action/Source	Incremental Price Increase
<u>From Non-Catalyst to Feedback 3-Way Catalyst</u>	
EPA (carburetor)	\$ 360
(single point injection)	510
Honda	480 - 805
Toyota (carburetor)	418
Renault	940
<u>From Oxidation to Feedback 3-way Catalyst</u>	
EPA (carburetor)	100
(single point injection)	250
Chrysler (carburetor)	210
Honda	345 - 545
Toyota (carburetor)	373
Volkswagen	greater than 155
<u>From Oxidation to Feedback 3-way + O_x Catalyst</u>	
EPA (carburetor)	240
Ford (carburetor)	175
Toyota (carburetor)	452

Fuel Consumption Impacts

The answer to the question "What is the fuel consumption impact of the proposed emissions standards?" is difficult and speculative. However, all factors considered, it is the judgement of the authors that the fuel consumption impact of adopting the proposed standards will be minimal and slightly positive --- a fuel consumption improvement of 1 to 2 percent. This is based on the authors' judgement that expanded use and improvement of electronics, fuel metering systems, and fast burn techniques will bring about a 5-6% improvement in U.S. federal systems by model year 1986 which will offset any fuel consumption increases due to the richer air/fuel calibrations of the three-way systems.

Durability, Maintenance, Driveability and Other Impacts

The manufacturers responding to the survey questionnaire uniformly reported that they did not expect durability, maintenance, or driveability to be affected as a result of the proposed standards.

The authors agree with the manufacturers' comments. In fact, the proposed standards will require increased use of unleaded fuels and stainless steel components so that exhaust system durability will be enhanced. Since these systems will be calibrated to burn at a richer fuel-to-air ratio and will employ advanced electronic controls, driveability should also be enhanced -- including cold weather starting and performance.

Lead-time Considerations

The manufacturers' reported lead time requirements were consistent. If a U.S. emission control system is available and will not require much change, then 12 to 18 months was considered adequate lead time. If the system requires additional redesign and certification testing then 36 months lead time was reported as more acceptable.

It is concluded that a 30-month lead time schedule would be appropriate because it would enable manufacturers to recalibrate U.S. federal systems and take advantage of the more lenient CO standard compared to U.S. standards. This allows trade-offs to be made for lower cost (e.g., elimination of add-on oxidation catalysts) and better fuel consumption (by taking advantage of electronic improvements).

Evaporative Emissions Standards

The scope of work for the study also required examination of the feasibility of adopting a 2-gram SHED (sealed housing evaporative determination) standard. None of the manufacturers responding to the survey questionnaire reported any concern or difficulty in achieving a 2-gram SHED evaporative standard. This is not surprising since most manufacturers use the U.S. evaporative control design which already meets this standard. In a few instances, some models may have to be upgraded. For example, Toyota reported that most of their light duty vehicles already comply, but their 1.5 and 1.6 litre engine families would require modifications costing \$23 additional per vehicle.

Diesel-Engined Passenger Cars

The technical feasibility of compliance of diesel-engined passenger cars with the proposed standards depends on whether a particulate standard is established for this class of vehicle, the engine size/vehicle weight combination, and the lead time available.

Without particulate standards all diesel engines, with the exception of the large displacement engines (greater than 3 litres) in vehicles over 1360 kg not incorporating divided chambers, are capable of meeting the proposed NO_x standard of 0.62 g/km. The lighter vehicles would use mechanically-controlled exhaust gas recirculation (EGR) systems while the heaviest vehicles would have to use electronically-controlled EGR systems. Lead times of three to five years would be required, depending upon whether electronic EGR systems would have to be employed (longer time for electronic EGR development).

If a particulate standard of 0.37 g/km were adopted along with the proposed NO_x standard, most diesel engines could still comply but longer lead times would be necessary to develop the electronic EGR systems and particulate control techniques. It may be necessary for the largest engines to incorporate add-on particulate traps. A five-year lead time would be necessary.

If a particulate standard of 0.12 g/km were adopted along with the proposed NO_x standard, it is likely that all diesel engines, with the exception of the small displacement four-cylinder engines, would require some form of add-on particulate trap. A minimum lead time of five to seven years would be required.

The above comments apply only to the question of technical feasibility. Whether or not the manufacturers would develop models to meet the proposed standards is another question. Most manufacturers have commented that the Canadian automotive market is small and does not justify large expenditures of time and resources for unique Canadian calibrations. Therefore, if the proposed standards were adopted, the availability of diesel-engined models would depend to a large measure on market considerations and the levels of U.S. and California standards. For example, GM recently announced that the large diesel-engined models would not be available in California because the size of the market did not justify development of the required emission controls. At the present time, the market for diesel-powered vehicles is very small in Canada (less than 5% of sales).

Light-Duty Trucks

Of the proposed changes considered in this study, adoption of 1.05 HC, 11.16 CO, and 1.43 NO_x g/km standards for light-duty trucks would have the least impact. Most manufacturers already use the same or a recalibrated version of the U.S. federal truck emission control systems for gasoline-engined LDTs and would use these systems to comply.

Retail price increases will be of the order of \$50 to recalibrate -- mainly by increasing catalyst volume. No impacts on fuel consumption, maintenance, driveability, or durability are expected.

Manufacturers offering diesel engines would not have to make any changes as the diesel engine currently offered is capable of meeting the new standards.

Any standard more stringent than the above would significantly affect technology and cost -- especially if they were as stringent as proposed for passenger cars. This is because these standards would be more stringent than any proposed by the U.S. EPA and manufacturers would have to adopt systems similar to those used in California.

Alternate Emission Control Standards; Gasoline-Fueled Passenger Cars

As the standards are tightened, manufacturers will shift from non-catalyst designs to oxidation catalyst or U.S. federal three-way systems. At around 0.93 HC, 9.3 CO, 1.24 NO_x g/km all cars, with the exception of the very smallest (mini-compacts), will have shifted to the catalyst systems. The primary reason for this breakpoint is cost rather than limitations of technology. Electronic or continuous mechanical multi-point fuel injection systems, electronic computerized control systems, and thermal reactors are available technologies that would permit lower emissions. However, the high costs of these systems combined with development and certification costs would make catalytic systems a more cost-effective approach for a small market like Canada.

The breakpoint for the use of three-way catalysts appears to be around 0.93 NO_x g/km. Again, technologies are available to give lower emissions, especially for compacts and sub-compacts but, for cost reasons, most manufacturers would opt to use U.S. federal three-way systems.

Alternate Emission Standards; Diesel-Fueled Passenger Cars

The 0.93 NO_x g/km level is also a significant breakpoint for diesel-engined passenger cars. More stringent levels may eliminate the large, eight-cylinder diesels and would require most manufacturers to develop electronic EGR systems in lieu of mechanically-controlled EGR systems. Since the diesel markets are small in North America, some manufacturers might drop diesel models all together. This NO_x level also represents a breakpoint where some manufacturers might need to utilize particulate traps if particulate standards are superimposed on the NO_x standards.

Alternate Emissions Standards; Light-duty Trucks

The standards 1.05 HC, 11.16 CO, 1.43 NO_x g/km (1.7 HC, 18 CO, 2.3 NO_x g/mile) were originally selected by the U.S. EPA as levels that would not force the use of catalysts on light-duty trucks. However, many manufacturers have opted to use catalysts anyway. Since the oxidation catalyst systems are capable of much lower emissions, LDT standards could be reduced to around 0.5 HC, 6.2 CO, 1.43 NO_x g/km without forcing significant changes in technology usage.

The ramifications of standards lower than those in the U.S. are clear. Unless the U.S. federal standards are also reduced, model availability in Canada would be reduced and many manufacturers would use California emission control systems.

Cold Weather Effects on Emissions

A number of strategies for controlling cold weather emissions have been identified, but none of them offers an optimal solution or, perhaps, even enough advantage to consider changing current practices. The alternative strategies are:

- require cold temperature testing;
- modify the test procedure;
- issue design standards;
- optional cold weather testing; and
- emission control system device certification.

Effect of Fuel Composition Changes on Emissions

The consensus of the U.S. EPA and the automotive industry is that the fuel antiknock additive methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl (MMT) has significant adverse effects on HC emissions. It is the judgement of the authors that it would be very difficult for manufacturers to certify vehicles at the proposed levels unless the HC standard were relaxed to compensate for the predicted HC increases. However, the authors are especially concerned with the potential for premature failure of oxygen sensors if MMT fuels are used. Admittedly the results of the Coordinating Research Council's (CRC) study of effects on sensors involved only a few first-generation sensors, but the results suggested accelerated failure of sensors. The CRC results were based on seven 1977-78 model year cars, all of which were calibrated to meet California standards. Advances in sensor technology since then may have alleviated some of the problem. If the sensor prematurely fails on a three-way catalyst system, feed-back control is lost. Unless

the micro-computer control system is pre-programmed to adjust the air/fuel ratio under sensor failure conditions, excessive CO emissions will result. On the other hand, if the system is pre-programmed to operate at lean air/fuel ratios then NO_x control is sacrificed.

The only other major fuel composition concern expressed by the industry involved diesel fuels. Mercedes-Benz, in particular, provided extensive comment and a technical report on diesel fuel quality and its impact on emissions. Mercedes-Benz would like to see regulation or tight specification of diesel fuel quality.

Mercedes-Benz's concern stems from the anticipation that growing demand for middle distillates by non-transportation users (e.g., the chemical industry) may outstrip the fractional distillation yield of diesel fuel and other middle distillates from crude oil. This may require refiners to increase the heavier components of diesel fuel and to produce diesel fuels by cracking (thermal, catalytic, etc.) or reforming other crude oil components. U.S. EPA contractor studies have suggested that initial use of synthetic crudes derived from tar sands and coal might be as direct blends (with hydro-treating) with diesel fuels.

EXECUTIVE SUMMARY: ANALYSIS OF HISTORICAL CAR PRICE DIFFERENCES BETWEEN CANADA AND THE U.S.*

prepared by

James F. Hickling Management Consultants Ltd.

Environment Canada, through its Socio-Economic Impact Assessment (SEIA) program is considering various means by which automotive emissions can be reduced. One option is the establishment of emission standards to control NO_x, HC, and CO which could be met only by the use of unleaded gasoline in conjunction with a three-way catalytic converter. At present, there is no regulatory requirement in Canada for such converters, although certain cars imported into Canada are so equipped.

This report contains the results of an analysis of Canadian and U.S. prices of North American and foreign import cars between 1967 and 1982 to determine if there has been a historical price difference between those automobiles equipped with three-way converters and those with less sophisticated emission control systems. This work was undertaken in an attempt to assess the influence, if any, that changes in vehicle emission standards have had on vehicle price differences between Canada and the U.S. In theory, because of the more lenient emission standards in Canada and the simpler control systems required, Canadian vehicles should cost less than their U.S. counterparts. To analyze this hypothesis, a database of prices on representative North American, imported and luxury vehicles was assembled. This database was then used to statistically test for the presence of price differences and the relation the differences have to economic and regulatory (standards) variables.

The top 10 North American made vehicles were chosen to represent the typical North American vehicle while imported vehicles were represented by Nissan, Honda, Toyota, Volkswagen, Renault and Fiat. Luxury cars consisted of Cadillac, Lincoln, Imperial, Cressida and Audi. The major data classifications used in the analysis of car price differences were:

- new car price;
- exchange rate;
- automotive manufacturing price index;
- retail gasoline price.

Both Canadian and U.S. data sources were used.

* Report prepared under DSS contract no. KE145-2-0345, March 1983.

The results of time series analyses of the data revealed a clear pattern of gradual reduction in the relative price of cars in Canada with respect to the U.S. (Figures A, B and C). Before 1977, the cars cost an average of 15% more in Canada than in the U.S. This difference applied to standard North American cars, while imports (as best defined by the truncated time series) showed a slightly lower difference (10-15%) and luxury cars costs showed a higher difference (15-20%).

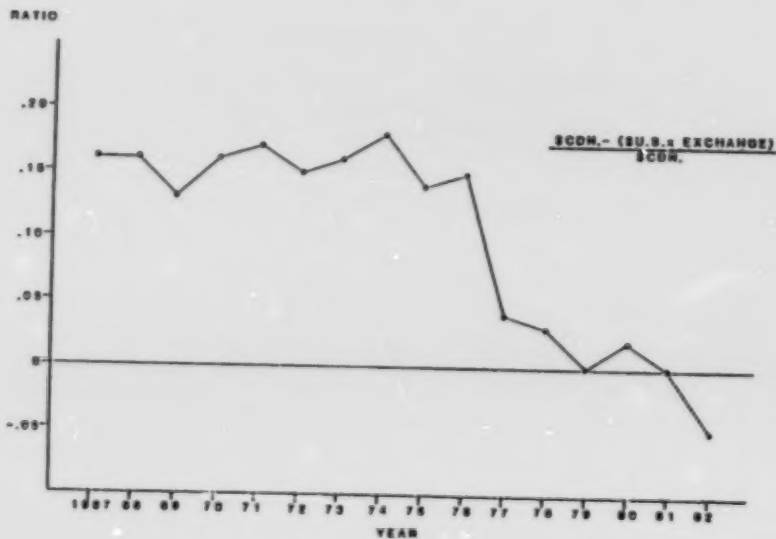


FIGURE A CAR PRICE DIFFERENCE RATIOS FOR THE 10 TOP NORTH AMERICAN MODELS (Average)

After 1977, these relationships changed dramatically until, in 1982, many of the Canadian selling prices were lower than those for their U.S. pairs. A notable exception to this trend was Audi, which maintained a 25% cost premium on the Canadian cars.

Regression analyses of the price data in relation to several potential explanatory economic variables, were conducted. The variables were:

- exchange rates (both U.S. and Yen);
- relative U.S. price of gasoline;
- relative U.S. manufacturing price index.

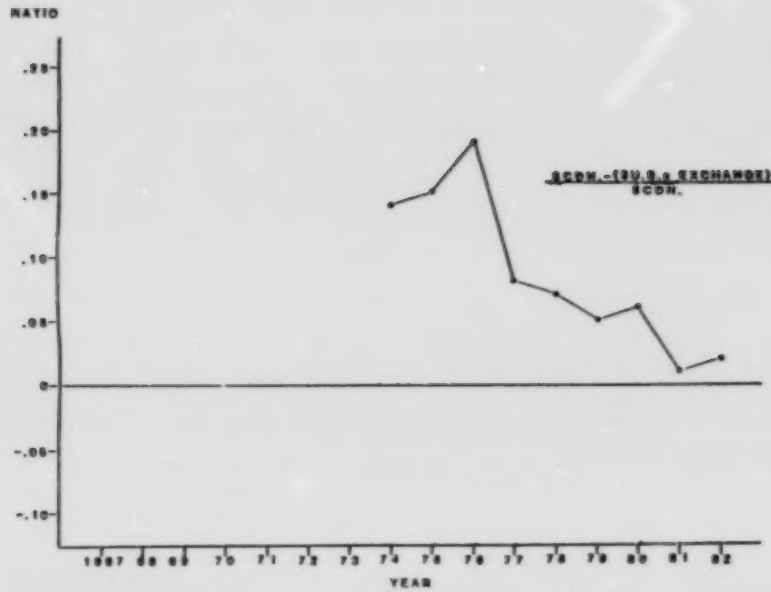


FIGURE B IMPORTED CAR AVERAGE PRICE DIFFERENCE RATIOS

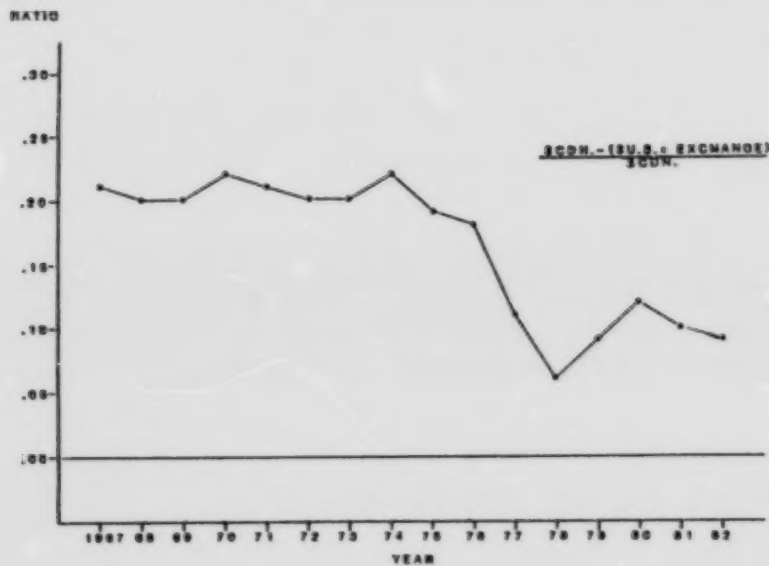


FIGURE C LUXURY CAR PRICE DIFFERENCE RATIOS (Average)

Of these variables, the only parameter strongly associated with the price changes was the exchange rate. The value of the U.S. dollars and Yen were negatively correlated to price differences, indicating that as the Canadian dollar became weaker with respect to the U.S. dollar and the Japanese Yen, the relative price of cars in Canada fell with respect to the U.S. prices.

The gradual decline in the relative Canadian prices, having started in 1977 when the first major Canadian dollar devaluation occurred, clearly had no relationship to the difference in emission standards. These standards were marginally more lenient in Canada up to 1975, at which time the U.S. standards were made significantly more stringent than those in Canada. In theory, this should have resulted in lower prices in Canada - it did not. The prices remained stable (15% premium in Canada) until the devaluation in 1977.

It therefore can be concluded that:

- exchange rates are highly correlated with relative car price changes; and
- the changes in emission standards did not observably affect the average price differentials between Canada and the U.S.

EXECUTIVE SUMMARY: PROPOSED AUTOMOBILE EMISSION STANDARDS, AN AIR QUALITY ASSESSMENT*

Concord Scientific Corporation
Downsview, Ontario

Proposed changes in Canadian automotive emission standards have the potential for altering ambient air quality levels. An assessment of the likely impact of the proposed changes on Canadian urban air quality was carried out. Historical air quality data in selected urban areas were examined to establish trends in air quality levels for carbon monoxide (CO), nitrogen oxide (NO₂), ozone (O₃), total hydrocarbons (THC) and total suspended particulates (TSP), emission inventories were compiled for carbon monoxide, nitrogen oxides and volatile organic compounds in the selected urban areas, and projections of automotive emissions for each year up to the year 2000 were prepared based on various source growth scenarios and specified emission factors. Based on these analyses, the likely future trends in air quality in the selected urban areas are discussed.

City Selection

The cities selected for study were Toronto, Montreal, Vancouver and Edmonton. The selection was made after consideration of the fraction of the Canadian population in each of ten Canadian cities, the fraction of retail Canadian gasoline sales and the Canadian automobile fleet in each city, geographic location, the availability of historical air quality data (for CO, NO₂, O₃, THC and TSP) and emissions inventory data, and an analysis of air quality in 1981.

The four cities selected represent 31.7 % of the Canadian population, 22.6% and 18.2%, respectively, of gasoline and diesel fuel sales, and provide wide geographical coverage. The four cities also have the largest amount of relevant historical air quality data.

Data Availability

Data for the analysis of historical trends in air quality were obtained from the following sources:

- i) National Air Pollution Surveillance (NAPS) network, Environment Canada,
- ii) Ontario Ministry of the Environment,

* Report prepared under DSS Contract No. KE145-3-0031, March, 1984.

- iii) Alberta Ministry of the Environment,
- iv) archives of oxidant related air quality data for Montreal and Vancouver.

The data from the first three sources were screened to ensure the exclusion of invalid data. The oxidant archives included data originally obtained from the Greater Vancouver Regional District, the NAPS data base, and the Montreal Urban Community. These data had been previously screened to exclude invalid data prior to archiving.

Total suspended particulates data were available since 1970 for Toronto, Vancouver and Edmonton, and since 1971 for Montreal. Carbon monoxide data were available for Toronto, Edmonton, Vancouver and Montreal since 1970, 1971, 1975 and 1976 respectively. Data for both O₃ and NO₂ were available for Toronto since 1974, Vancouver since 1978, and Montreal since 1979. Ozone data for Edmonton were available since 1978 and NO₂ data since 1975. Adequate THC data were available only for Toronto (since 1971) and Edmonton (since 1974).

The stations in each city were classified as residential or non-residential based on examination of site documentation for the NAPS network or information supplied by appropriate municipal or provincial sources.

Air Quality: Trends

The hourly (or 24-hour in the case of TSP) data were used to generate the following statistics for each of the residential and non-residential station groupings in each city as well as for all stations in each city:

- composite monthly and annual means,
- incidents where air quality objectives were exceeded,
- daily mean concentrations corresponding to various percentiles of the distribution of daily means on an annual basis.

The data were presented graphically using three types of plots for each of the three groupings of stations:

- composite annual means for each pollutant in each city,
- box plots to illustrate the annual distributions of the daily means for each pollutant by city,
- composite monthly means for each pollutant by city.

Examination of the plots and the tabulated data allowed the determination of overall trends for each pollutant, the longer term (monthly to annual) cyclical trends in

pollutant concentrations and overall trends in air quality in each city, and allowed comparisons between residential and non-residential stations.

Total Suspended Particulates. The overall trends in TSP levels were to lower TSP levels in Toronto, Montreal and Vancouver, and to higher TSP levels in Edmonton. The TSP levels were generally lower in the cooler months - especially in Edmonton.

In Vancouver in the last eight years, close to 10% of the 24-hour average TSP levels exceeded the maximum acceptable 24-hour average air quality objective level for TSP, while in Edmonton, close to 25% of the TSP data exceeded the TSP objective. In Toronto and Montreal, between 10 and 25% of the TSP data exceeded the maximum acceptable air quality objective level for TSP averaged over 24 hours.

Carbon Monoxide. There were no significant trends in CO levels in any city. Toronto had the most consistent trend: to lower CO levels with an overall average decrease of about 0.2 ppm per year, due to large decreases in CO levels between 1974 and 1976. The CO levels in Toronto, Montreal and Vancouver were similar between 1976 and 1981 but there were slightly higher levels in Edmonton during those years.

Nitrogen Dioxide. There were overall decreases in NO₂ levels in Montreal, Toronto and Edmonton but the levels in Vancouver showed an overall increase. NO₂ levels were generally highest in Edmonton with composite annual means (all stations) in the range of 30 - 40 ppb and lowest in Vancouver (composite annual means for all stations 20 - 24 ppb). The NO₂ levels were higher in the colder months in Edmonton (especially) and Montreal but different patterns were shown in Vancouver and Toronto.

Ozone. The most striking feature of the ozone data was a well defined pattern in which the highest ozone levels occurred between May and July and the lowest levels between October and December each year. This pattern is consistent with the monthly variation of solar intensity and the photochemical basis for ozone formation.

There were small differences in the composite annual mean ozone levels (for all stations) in the four cities. However, the maximum acceptable air quality objective level of 82 ppb averaged over one hour was exceeded regularly in all cities. The maximum acceptable ozone air quality objective level for a 24-hour average (25 ppb) was exceeded on at least 10% of all days in each city in nearly every year.

The maximum tolerable air quality objective for ozone for a one-hour averaging period (153 ppb) was exceeded in Toronto (once in each of the years 1974, 1975 and 1979), Vancouver (a total of 88 times between 1978 and 1981) and Edmonton (once in 1979).

Total Hydrocarbons. THC data for Toronto and Edmonton were analysed but there were no discernible upward or downward trends. THC levels were higher and more variable in Edmonton than in Toronto and showed no cyclical pattern.

Overall Trends by City

The most consistent trend in any city was one of improved air quality in Toronto, where nearly all pollutants regardless of station grouping had negative slopes in the regression of composite annual mean pollutant level versus time. In the other three cities, trends were mixed depending on the pollutant. In Montreal and Vancouver, NO₂ and TSP levels tended to decrease for all groupings of stations, while in Edmonton, only TSP showed a consistent trend, to higher levels for all groupings of stations.

The air quality levels at the residential stations were generally lower than those at the non-residential stations. The notable exception was ozone, with lower levels at the non-residential stations, a factor most likely due to the depletion of ozone by nitric oxide at the non-residential stations.

Emission Inventories

Emission inventory data were tabulated for the four study cities. Species included in the emission inventories were CO, NO_x and volatile organic compounds (VOC). A breakdown of the VOC emissions by chemical class was also provided. The relative importance of light duty vehicle (LDV) emissions depends both on the species involved and the city. The fractional contribution of LDV emissions to the total is given below for 1978.

Species	City			
	Edmonton	Montreal	Toronto	Vancouver
CO	0.48	0.67	0.68	0.58
NO _x	0.18	0.28	0.27	0.34
VOC	0.27	0.27	0.40	0.38

Future Trends

A very simple projection of expected emissions for the years 1980 to 2000 was carried out. Four growth rates (0.5, 1.0, 1.5, and 2.0 percent per year) were applied

uniformly to light duty vehicle usage and the emissions from all other source sectors. The motor vehicle (LDV) usage was combined with the appropriate emission factors expected for future years. These emission factors are expected to decline between the present and 1990, as older vehicles not meeting these standards are phased out, and should remain constant thereafter (assuming that current emission standards are maintained). The effect is that total emissions in many cases will decrease until about 1990, and rise thereafter.

The relative magnitudes of the decreases and subsequent increase in emissions vary from city to city. Qualitatively, the ambient concentrations of the following species are expected to increase over about the next decade:

Edmonton: NO_x , THC

Montreal: NO_x , THC, O_3

Toronto: NO_x

Vancouver: THC, O_3

Although the fractional contribution of LDV emissions to the total for any given pollutant is expected to decline, these contributions will remain significant. This is particularly true for VOCs, because the high reactivity of automobile emissions magnifies their effects.

EXECUTIVE SUMMARY: REVIEW OF METHODOLOGIES TO EVALUATE THE BENEFITS OF LOWERING THE LEVELS OF LIGHT DUTY VEHICLE EMISSIONS*

prepared by

F. Pilorusso and J.G. Shaw, Pilorusso Associates Inc.
P.A. Victor, Victor & Burrell Research and Consulting
E. Hanna, J.E. Hanna Associates Inc.

A review of methodologies to evaluate (i.e., to determine the value, in dollars, of) the expected benefits of reducing emissions levels of light duty vehicles was undertaken on behalf of Environment Canada. Reductions in light duty vehicle emissions may be expected to reduce the occurrence of ambient levels of carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NO_x) and ozone (O₃) in excess of the National Ambient Air Quality Objectives, and to lower the deposition rate of nitrates and nitric acid. The benefits would be observed as, for example, a lower incidence of pulmonary disease, increased agricultural crop yields, and fewer days of poor visibility. Establishing dollar values for these disparate benefits would allow the total of the benefits to be expressed in common terms, dollars.

The possible adverse effects of light duty vehicle emissions have been documented in a separate report prepared for Environment Canada (Kolomeychuk et al, 1983). The major categories of possible adverse effects are:

1. adverse effects on human health such as increases in the incidence of: discomfort and respiratory symptoms, (e.g., chest discomfort, cough, headache, sore throat, eye irritation, shortness of breath); aggravation of respiratory diseases (asthma, bronchitis, emphysema, for example); and cardiovascular disease (increase in the probability of heart attack);
2. changes in forest metabolism, growth and composition, and reduced forest production;
3. reduced yield and value of agricultural crops;
4. freshwater acidification from nitric acid (HNO₃) during spring melt of snowpack containing nitrate;
5. damage to man-made materials (e.g., fading of fabric dyes, yellowing of white fabrics, cracking of springs made of nickel-brass alloy, cracking of tire sidewalls); and

* Report prepared under DSS contract no. KE145-2-0831, March 1983.

6. contribution of nitrogen dioxide (NO_2) and nitrate fine particles to reduced visibility.

It was not possible, under the terms of reference of this project, to estimate dollar values for any of the potential benefits, that have been identified, of lowering the levels of light duty vehicle emissions, because of lack of scientific knowledge and availability of data.

Research and data collection were limited to documenting the state of knowledge on the subject based upon the literature available.

Two areas of potential benefits that are closest to quantification, human health and crop damage were focused on in this report.

Human Health

The health of all humans is affected to some degree when they are exposed to ambient concentrations of carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NO_x) and ozone (O_3) that exceed National Ambient Air Quality Objectives (NAAQO). Concentrations in excess of NAAQO are more likely to occur in large cities and, as a result, city residents are more likely to be exposed to elevated concentrations of pollutants than are residents of rural areas.

Certain human populations are at greater risk than the population as a whole. The nature and size of populations at risk in four major cities in Canada are summarized in Table S.1.

The incidence of adverse health effects is dependent on the type of pollutant, the sensitivity of the population exposed to it, and the dosage. Dosage is determined by pollutant concentration, rate of ingestion, and duration of exposure. Assuming that appropriate data are available to describe ambient concentrations of pollutants, determining dosage becomes a matter of establishing a relationship between indoor and outdoor concentrations and defining human activity patterns largely in terms of indoor/outdoor exposure.

The primary location of exposure to air pollutants is indoors. Most Europeans, Americans, and probably most Canadians, spend over 90 percent of their time indoors. The major determinants of indoor air quality are: outdoor pollutant concentrations, indoor pollutant sources and strengths, air exchange rates of structures, and transfer rates of pollutants to sinks.

The GEOMET model appears to be the most suitable of those reviewed for predicting indoor air quality, provided adequate time is available to calibrate the model

TABLE S.1
SIZE OF POPULATIONS AT RISK, 1981

Population at Risk	City				All Canada
	Edmonton	Montreal	Toronto	Vancouver	
1 General population	657 0572	2 828 349	2 998 947	1 268 183	24 343 180
2 Children (under 15)	73 280	279 850	307 230	120 430	5 481 105
3 Population with cardiovascular disease	16 870	63 940	77 560	33 690	606 170
4 Population with acute respiratory disease	22 340	96 160	101 960	43 120	827 668
5 Population with bronchitis and emphysema	15 770	67 880	71 970	30 440	584 236
6 Population with asthma	15 770	67 880	71 970	30 440	584 236
7 Population with anemia	11 830	50 910	53 980	22 830	438 177
8 Pregnant women	6 804	22 115	23 933	11 015	203 678
9 Newly-born infants	12 550	41 860	42 590	19 150	372 451

for Canadian conditions and data are compiled to characterize outdoor pollutant concentrations, the housing stock, and indoor pollutant sources. (Moschandreas and Stark, 1978)

Models for predicting personal exposure consist of two types: representative individual models; and representative environment models. The former are preferable for estimating cumulative exposure, while the latter require input data that are generally more accessible. Numerical models have not yet been applied extensively to characterize population exposure on an individual basis because of data and economic limitations.

The economic evaluation of health impacts has been approached in two main ways. These can be referred to as:

1. output accounting - the value of the output lost and resources foregone because of death, illness, or injury; and
2. welfare accounting - the value of resources individuals would forego (accept) to reduce (increase) a risk of death, illness, or injury if they had the opportunity.

Welfare accounting is generally considered the more theoretically-sound approach of the two. Practical problems, however, limit its usefulness in the evaluation of health impacts. The first problem is that only a small number of empirical studies

using a welfare accounting methodology have been published and only one Canadian study has been identified. The second practical difficulty is that most of the welfare accounting studies deal with mortality; whereas, morbidity is the central concern with respect to automotive emissions. Despite the theoretical appeal of welfare accounting, it has been necessary to adopt an output accounting framework to evaluate health effects.

Table S.2 shows some preliminary estimates of the costs of medical treatment associated with individual cases of disease that may be caused by exposure to CO, NO_x and ozone. The figures shown in the table include estimates for direct hospital costs (for cases where hospital treatment is required), physicians' costs, prescription drug costs, and an amount for diagnostic services.

Other categories of costs that can be estimated with some accuracy are: the value of lost time in paid employment, and the value of lost household work. The aggregate of these costs and medical costs will not be as large as welfare accounting values since they do not include intangibles such as the value of pain and suffering. The output accounting estimates, however, can be interpreted as a lower bound on the welfare accounting values.

The next step in quantifying health effects would be to estimate the decline in the number of cases of diseases that may result if the proposed light duty vehicle emission standards are implemented. Two types of data are required to make this estimate:

1. Dose-response functions for each adverse effect (the mathematical relationship between the dose of a pollutant that an individual receives and the probability that he will experience a particular adverse effect); and
2. Estimates of the impact of the proposed light duty vehicle standards on the number, ambient concentrations, and duration of concentrations of CO, NO_x and O₃ in excess of National Ambient Air Quality Objectives.

The dose-response functions and air quality data required to carry out a quantitative analysis were not available at the time of writing.

Agricultural Crops

There are two crop-growing areas in Canada where mean, growing-season ozone concentrations are above the threshold for agricultural crop damage: (1) the southwestern portion of Ontario and Quebec along the Windsor to Quebec City corridor; and (2) Vancouver and the lower Fraser River valley.

TABLE S.2 1983 ESTIMATED MEDICAL COSTS (\$)

Substance/Effect	International Classification of Disease 9 Code	Hospital Treatment cost/case		Nonhospital Treatment cost/case	
		Male	Female	Male	Female
Carbon Monoxide (CO)					
1. Myocardial infarction (heart attack)	410	1736	1709	63	56
2. Aggravation of angina pectoris (attacks of sharp chest pain due to inadequate blood supply)	413	1400	1385	64	59
3. Intermittent claudication (episodes of leg pain or limping due to inadequate blood supply)	411	1305	1322	58	68
4. Impaired vigilance (visual, auditory, reaction time, time estimation, etc.)	781	1113	1109	45	44
5. Effect on fetal development (decreased birth weight, increased perinatal deaths and decreased weight gain in newborns; reduced learned and general abilities in later childhood)	319	1650	1768	76	103
	635	na	1070	na	115
	646	na	889	na	36
	647	na	1490	na	*
	648	na	1619	na	72
	653	na	1559	na	102
	654	na	1562	na	67
Nitrogen Dioxide (NO ₂)					
6. Increased incidence of acute respiratory illness	460	966	961	34	34
	466	1001	995	41	40
7. Aggravation of respiratory disease (attacks of asthma, bronchitis, or emphysema)	490	1266	1253	42	41
	491	1279	1266	52	46
	492	1317	1305	62	65
	493	1260	1273	87	86
8. Impaired lung function and likelihood of incidence of respiratory symptoms (chest discomfort, cough, shortness of breath)	443	1318	1278	54	47
	478	2023	2014	40	38

TABLE S.2 1983 ESTIMATED MEDICAL COSTS (\$) (Continued)

Substance/Effect	International classification of Disease 9 Code	Hospital Treatment cost/case		Nonhospital Treatment cost/case	
		Male	Female	Male	Female
Ozone (O ₃)					
9. Increased incidence of discomfort and respira- tory symptoms (chest discomfort, cough, headache, sore throat, eye irritation, shortness of breath)	379	1641	1612	47	47
	443	1318	1278	54	47
	478	2023	2014	40	38
10. Aggravation of respira- tory disease (same as NO ₂)	490	1266	1253	42	41
	491	1279	1266	52	46
	492	1317	1305	62	65
11. Decreased resistance to infection	493	1260	1273	87	86
	460	966	961	34	34
	466	1001	995	41	40
	480	1532	1531	43	38
	487	1004	1009	38	38

na - not applicable

* - no data

The extent to which the mean, growing-season ozone concentration would fall if the proposed light duty vehicle emission standards are implemented is not known. It has been estimated that crop losses in Ontario due to ozone damage average about \$15 million per year, with a range of \$9 million to \$23 million. There is no basis for estimating the portion of crop losses in Ontario that can be attributed to light duty vehicle emissions.

The total values of agricultural crops that are at risk of ozone damage in the Fraser River valley and Quebec are \$37 million and \$566 million respectively. Estimates of total ozone damage or the amount that can be attributed to light duty vehicle emissions for these regions are not available.

Forests

Losses in forest productivity due to elevated concentrations of ozone are potentially large. Few data are available, however, for either ambient ozone concentration in nonurban areas or detailed losses of forest productivity. It is not possible, therefore, to either derive dose-response relationships or identify, with any precision, the areas of forest at risk.

Short-term Freshwater Acidification

The contribution of nitric acid to short-term freshwater acidification during spring melt of snowpack containing nitrate has been documented. The information required to quantify the effects (e.g., the number and size of freshwater bodies affected, the change in acidity, the types and numbers of organisms at risk, and dose-response functions), however, is not yet available.

Man-made Materials

The adverse effects of NO_2 on fabrics (dye fading for a number of fabrics and dye combinations and yellowing of some white fabrics) have been well established, but the degree to which economic losses occur due to exposure to NO_2 is unclear. The two main problems in quantifying these effects are: the laboratory studies demonstrating the effects are not representative of real-life exposure; and the effects of NO_2 have not yet been successfully separated from the effects of temperature, humidity, and other pollutants.

Evidence exists to show that nitrogen can affect the rate of oxidation of metals and alloys, but a direct relationship between NO_x or NO_3 levels in ambient air and corrosion behaviour has not been established. Further research is required, therefore, in order to quantify this effect.

The economic cost of ozone damage to tires is made up mainly of the cost of the antiozonants that are added to sidewall rubber compounds. To the extent that lower levels of light duty vehicle emissions would lead to lower ambient ozone levels and, in turn, to the use of less antiozonants, the dollar value of this effect can be determined. It is unlikely, however, that less antiozonants would be used in tires if the proposed light duty vehicle emissions are implemented.

Visibility

Two approaches are generally used for economic valuation of visibility; property value studies, and surveys using iterative bidding techniques. The only approach in which it is possible to separate the value of improved visibility from other benefits of reduced air pollution, such as reduced risk to health, is the iterative bidding methodology.

The number of published iterative bidding studies that attempt to evaluate visibility is very small. None is known to have been carried out in Canada, and only about a half dozen such studies have been carried out in various parts of the United States. Although they are not particularly relevant for the situation in Canada, the United States

studies indicated that (depending on the area considered, the expected improvement in visibility, and a number of other factors) the willingness-to-pay estimates for individual residents ranged from \$43 to \$245 per year.

References

1. Kolomeychuk et al., "Effects of Automotive Emissions" (1983), prepared for Environmental Protection Service, Environment Canada (unpublished).
2. Moschandreas, D.J., and Stark, J.W.C., "The GEOMET Indoor-Outdoor Air Pollution Model", EPA-600/7-78-106, 1978.

EXECUTIVE SUMMARY: AUTOMOTIVE FUEL CONSUMPTION ANALYSIS, U.S. vs. CANADA (1980-83)*

prepared by

James F. Hickling Management Consultants Ltd.

This study was commissioned by Environment Canada to estimate the difference in fuel consumption between Canadian vehicles and similar vehicles in the U.S. The study analyzes vehicle fuel consumption for 1980, 1981, 1982, and 1983 models.

Data for the 1980-83 model years were extracted from the fuel consumption guides published by Transport Canada and the U.S. Environmental Protection Agency (EPA). The test methods used in Canada and the U.S. to produce estimates of fuel consumption for city and highway driving are identical. A combined rating, weighted in favour of the city or urban estimate, is also calculated. These ratings normally differ from those achieved under actual driving conditions, but are accurate measures of relative fuel consumption and acceptable for comparison purposes.

Two data files were constructed:

- a) all 1980-83 Canadian vehicles certified for leaded gasoline and corresponding U.S. vehicles certified for unleaded gasoline.
- b) a sample of 1980-83 Canadian vehicles certified for unleaded gasoline and corresponding U.S. vehicles certified for unleaded gasoline.

Canadian and U.S. vehicles were matched on the basis of model, engine size, and transmission. Where more than one inertial test weight was given, the lighter vehicle was chosen from the U.S. EPA data. Where more than one axle ratio and/or level of emissions was given, an arithmetic mean of the EPA fuel economy results was calculated. Wherever possible, a U.S. vehicle with no applied air conditioning simulation load was matched with its Canadian counterpart. In a few cases, the U.S. vehicle had a carburetion system different from the Canadian vehicle, e.g., fuel injection vs. regular carburetion.

The data were statistically compared to identify significant differences between the Canadian and U.S. vehicles on the basis of manufacturer, weight, and emission control system.

* Report prepared under DSS contract no. KE145-2-0900, March 1983.

The results indicated that:

- the U.S. vehicles attained better fuel consumption on the city and combined test cycle (1.9-4.9%) compared to Canadian vehicles using leaded fuel;
- Canadian 1980 and 1982 model vehicles using unleaded fuel had marginally better city test fuel consumption than their U.S. equivalents but there was no statistical difference for the remaining years and tests;
- when weight class was considered, the lighter classes of the Canadian leaded group tended to have higher fuel consumption relative to the U.S. vehicles while the heavier vehicles had lower relative fuel consumption.
- no major weight-related trends were noted for the Canadian vehicle sample using unleaded fuel;
- among comparable vehicles from various manufacturers, the difference in fuel consumption between Canadian and U.S. vehicles varied considerably in both the leaded and unleaded fuel sample groups;
- the type of emission control system used on the U.S. vehicles did not statistically influence the relative fuel consumption differences, although there was a consistent tendency for vehicles equipped with the U.S. three-way catalyst systems to attain relatively better fuel consumption compared to Canadian leaded vehicles than vehicles equipped with U.S. oxidation systems.

EXECUTIVE SUMMARY: COSTS TO PETROLEUM REFINING INDUSTRY ASSOCIATED WITH MMT REMOVAL AND GRADE SPLIT CHANGES OF MOTOR GASOLINE*

prepared by
MONENCO Limited

The objective of this study was to estimate the additional capital investment and operating costs that would be incurred by the petroleum refining industry if methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl (MMT) antiknock additive were withdrawn from use, and the percentage of gasoline sales as leaded fuel were reduced from 30% to 10%. These changes are intended to reflect the maximum impact that adoption in Canada of U.S. 1981 auto emission standards would have on the refining industry.

The study was carried out using product demands crude availabilities, and product specifications previously determined for 1990 by studies previously conducted for the Federal government by Hycarb Engineering Limited.** The only significant changes from the Hycarb study were limiting the lead content in leaded gasoline to a maximum of 0.29 g/L and the adjustment of MMT use and gasoline grade splits to suit the situation being investigated.

Costs were determined for four separate cases as identified below:

- 1) CGSB Octanes, 70/30 unleaded/leaded, with MMT.
- 2) CGSB Octanes, 90/10 unleaded/leaded, without MMT.
- 3) Market Octanes, 70/30 unleaded/leaded, with MMT.
- 4) Market Octanes, 90/10 unleaded/leaded, without MMT.

Since current market octanes are considerably higher than minimum octane levels specified by the Canadian General Standards Board (CGSB), it was deemed important to investigate costs at these two extremes.

The petroleum refining industry was analyzed on a regional basis using a refinery simulator. A single refinery for each region having a capacity equal to the total refinery capacity in the regions (Atlantic, Quebec, Ontario, Western) was used to determine the refining modifications required (if any) for each case. It was assumed that all refineries currently in operation would be in operation in 1990, with the exception of

* Contract No. KE 145-3-0746

** Hycarb Engineering Limited, "Fuels for Railway and Marine Diesels", prepared for Transportation Development Centre, Department of Transport, Report No. TP 5099E, December, 1983.

Texaco's Edmonton refinery which is scheduled to close in late 1984. The approach adopted was to maximize utilization of existing equipment until such time that it could no longer meet requirements. Then new facilities (either isomerization or high severity reforming) could be chosen and the operation with the new facility was adjusted to minimize crude oil consumption. The severity of existing catalytic reformers was limited to 100 RON (research octane number); reported capacities were discounted to allow operation at this severity.

Once the additional total new octane generating facilities for each region and each case had been determined using the refinery simulator, each refinery in each region was reviewed to determine the appropriate allocation of new facilities to permit each refinery to manufacture products meeting recognized specifications. The capital cost of new facilities was estimated using information from process licensors and Monenco experience. A 30% allowance was added to cover off-site costs. No account was taken of opportunities that may exist to revamp existing equipment, eliminate certain low octane components from the gasoline pool, or purchase high octane blending components. These factors could, of course, reduce the capital cost in some cases but may increase operating costs. Operating costs for each case were developed using available cost information for utilities, catalysts, chemicals, gasoline additives, maintenance, taxes, insurance, operating labour, crude oil, etc.

In 1984 dollars, the total incremental cost associated with removal and grade split changes from 70/30 unleaded/leaded to 90/10 is estimated as follows. Costs given in this summary are total erected costs; 30% has been added to capital costs contained in the body of the report to obtain a total erected cost.

	<u>CGSB Octanes</u>	<u>Market Octanes</u>
Capital Cost \$M	305	494
Annual Operating Cost \$M (excluding taxes and capital charges)	26	42

The capital costs are scope costs with an accuracy of +/- 30%. No attempt has been made to analyze the possible impact of the required investment on the viability of certain refineries. Rather, sufficient funds have been included to provide facilities to permit all existing refineries to manufacture products meeting the specifications.

In the CGSB octane case, 10 of the 23 existing refineries required addition of isomerization facilities. In the market octanes case, all 23 refineries required addition of isomerization facilities. In no case were facilities other than those associated with isomerization required. The increased crude oil required as a result of MMT removal and reduction of leaded gasoline sales was minimal with facilities provided, and varied from 0.35% using CGSB octane to 0.22% using market octanes. The costs associated with this additional crude are included in the operating costs provided.

After completing the cases identified above, four additional cases were studied to separate the cost of MMT removal and grade split changes. The four separate cases are identified below:

- 1) CGSB Octanes, 70/30 unleaded/leaded, without MMT
- 2) CGSB Octanes, 90/10 unleaded/leaded, with MMT
- 3) Market Octanes, 70/30 unleaded/leaded, without MMT
- 4) Market Octanes, 90/10 unleaded/leaded, with MMT

In 1984 dollars, the total incremental cost associated with MMT removal and grade split changes is estimated as follows. Costs given in this summary are total erected costs; 30% has been added to capital costs contained in the body of this report to obtain the total erected cost.

	CGSB Octanes		Market Octanes	
	70/30 UL/L Without MMT	90/10 UL/L With MMT	70/30 UL/L Without MMT	90/10 UL/L With MMT
Capital cost \$M	164	0	112	68
Operating cost \$M (excluding taxes and capital charges)	8	11	12	19

In the CGSB octane 70/30 unleaded/leaded without MMT case, 5 of the 23 existing refineries would require the addition of isomerization facilities. In the CGSB octane 90/10 UL/L with MMT case, none of the existing refineries would require the addition of isomerization facilities. In the market octane 70/30 UL/L without MMT case, 9 refineries would require the addition of isomerization facilities, and in the market octane 90/10 UL/L with MMT case, 7 refineries would require the addition of isomerization facilities. In no case were facilities other than those associated with isomerization

required. The increased crude oil required as a result of MMT removal or reduction of leaded gasoline sales was minimal with facilities provided and varied from 0.25% using CGSB octanes to 0.33% using market octanes. The costs associated with this additional crude are included in the operating cost provided.

EXECUTIVE SUMMARY: ANALYSIS OF PROPOSED REVISIONS TO CANADIAN LIGHT DUTY MOTOR VEHICLE EMISSIONS STANDARDS*

prepared by

Pilorusso Research Associates Incorporated

This report provides an analysis of the costs and benefits of revising Canada's light duty vehicle emission standards. The current standards of 1.24 g/km hydrocarbon (HC), 15.5 g/km carbon monoxide (CO), and 1.92 g/km nitrogen oxides (NO_x) (2.0 g/mi HC, 25 g/mi CO, 3.1 g/mi NO_x) came into effect in 1975. The light duty vehicle emission standards under consideration, 0.25 g/km HC, 4.35 g/km CO, and 0.62 g/km NO_x, are the same as those that have been in effect in the United States (except California) since 1981. Permissible levels of emissions from new motor vehicles sold in Canada are established by Transport Canada under the authority of the Motor Vehicle Safety Act.

The major sources of data and background information for this analysis were: consultants' reports commissioned by Environment Canada, in-house studies prepared by Environment Canada staff, and the open literature.

Contribution of Light Duty Vehicles to Air Pollution

The exhaust of gasoline-powered vehicles is a source of three air pollutants: hydrocarbons, carbon monoxide and nitrogen oxides. Hydrocarbons are also released to the atmosphere through evaporation from the fuel tank and carburetor and during refueling. Carbon monoxide and nitrogen oxides are believed to have direct effects on health, vegetation, and materials. Hydrocarbons mainly cause adverse effects indirectly through their contribution to the formation of photochemical oxidants. Ozone and other photochemical oxidants are produced by the action of sunlight on mixtures of hydrocarbons and nitrogen oxides. Nitrogen oxide emissions contribute to the acidification of precipitation.

Light duty vehicle emissions are the largest single source of HC, CO, and NO_x emissions in Canada. In 1980 light duty vehicles emitted 460 000 tonnes of HC, or 23 percent of total HC emissions; 4 719 000 tonnes of CO, or 45 percent of total CO emissions; and 356 000 tonnes of NO_x, or 20 percent of total NO_x emissions.

* Report prepared under DSS contract No. KE145-3-0647

Adoption of the proposed emission standards would result in the following reductions in light duty vehicle emissions by 1995:

- HC emissions, 122 000 tonnes per year or 47 percent;
- CO emissions, 2 211 000 tonnes per year or 52 percent;
- NO_x emissions, 161 000 tonnes per year or 45 percent.

Costs to Meet the Proposed Emission Standards

Approximately 15 percent of the 1984 model year cars sold in Canada will be fitted with emission control systems that meet the proposed emission standards. Assuming that this percentage does not change over the next few years, adoption of the proposed emission standards would result in 85 percent of the passenger cars sold being equipped with more expensive emission control hardware than would be the case if the current standards were maintained.

For passenger cars that require upgraded emission control systems, the maximum additional cost at the vehicle manufacturer level is estimated to average \$143 per car. The average retail price equivalent per car of the cost of the additional emission control hardware is estimated to be \$235 per car. Both estimates are in 1983 Canadian dollars and are based upon the technology and costs in 1981 when these emission control systems were first used in the United States. These costs may be somewhat lower by the time the proposed emission standards may be implemented, due to advances in technology, reductions in manufacturing costs as the manufacturers gain more experience with the systems, and a drop in the cost of electronics.

During the first ten years that the proposed standards are in force, the total cost to the manufacturers would be 98 to 121 million constant 1983 dollars per year depending upon sales in any given year, based on \$143 per car. The maximum cost to consumers would be 163 to 202 million constant 1983 dollars, based on \$235 per car.

The retail price equivalent is an estimate based upon the manufacturers' cost plus average industry markups. The actual cost to consumers will depend upon a number of factors. In the short term, individual manufacturers will set retail prices based upon the degree of price sensitivity of the market, the amount of price competition, how well their products are selling relative to competitors, and other factors. Therefore, in the short term, retail prices may bear little relationship to the manufacturers' costs. However, implementing the proposed emission control standards does incur real costs and ultimately the consumer can be expected to bear those costs. If the retail price of passenger cars increased by the estimated retail price equivalent, the increase would

represent a 2.2 percent increase over the average retail price of passenger cars sold in Canada during 1983.

Adoption of the proposed emission standards would result in all light duty vehicles sold in Canada being equipped with catalyst emission control systems that require unleaded fuel for proper operation. Currently, about 20 percent of new passenger cars can operate on leaded fuel and 80 percent require unleaded fuel. As a result, about ten years after the proposed standards are implemented the grade split for leaded/unleaded gasoline for road vehicles would shift from 30/70 (i.e., the estimated split if the existing standards are maintained) to 10/90. The Petroleum Association for Conservation of the Canadian Environment has estimated that up to \$560 million in refinery capital costs and up to \$80 million in annual operating costs would be required to produce the additional unleaded gasoline and to discontinue use of methylcyclopentadienyl manganese tricarbonyl (MMT) in unleaded gasoline. Both estimates are in current (1984) dollars.

Estimates prepared by Monenco (1984) of the costs to produce the additional unleaded gasoline at current market octanes are \$494 million in refinery capital costs and \$42 million in annual operating costs if MMT is not used in unleaded gasoline. If MMT is used, Monenco estimates that refinery capital costs will be \$68 million and annual operating costs \$19 million. The Monenco estimates are in current (1984) dollars.

Benefits of Reduced Motor Vehicle Emissions

The near-term benefits of reduced light duty vehicle emission levels are:

- a reduction in the incidence of adverse health effects due to exposure to elevated levels of carbon monoxide, nitrogen dioxide, and ozone;
- increased production of forests and agricultural crops in areas where production has been reduced because of ambient ozone concentrations;
- a decrease in the incidence and severity of short-term acidification of freshwater during spring melt of snowpack containing nitrate;
- through the reduction in the use of leaded gasoline, reduced emissions of lead, ethylene dibromide (EDB), and ethylene dichloride (EDC) and a concomitant decrease in the risk of adverse health effects due to exposure to ambient lead, EDB, and EDC.

Other potentially significant long-term benefits are associated with reducing HC, NO_x, and CO emissions, and with the resulting reductions in ozone concentrations and the amount of nitric acid in acid rain. Continued emissions at current levels carries a risk

of adverse effects beyond those that have been identified. Lowering the level of light duty vehicle emissions will reduce the probability of occurrence of these adverse effects.

The use of unleaded gasoline results in reduced engine and exhaust system maintenance requirements and improved fuel economy. It is estimated that consumers will save about \$1 per 1000 kilometres driven if they switch from leaded to unleaded gasoline. Based on the new car fleet in 1982 the average fuel economy improvement for passenger cars operating on unleaded fuel has been estimated to be 2.8 percent.

Summary of Costs and Benefits

The costs and benefits of implementing the proposed light duty vehicle emission standards are summarized in Table S.1. All costs and benefits that can be expressed in monetary terms have been discounted at 10 percent per year to 1983. The dollar figures are in constant 1983 dollars.

The impact of the increased cost to refiners to produce additional unleaded gasoline would be as follows. The retail price of unleaded gasoline is, on average, \$0.024 per litre higher than leaded gasoline. Switching from leaded to unleaded gasoline will cost the consumer an additional \$33.82 per year for a car that is driven 16 000 km per year and achieves 11.7 km per litre. This additional cost would be completely offset by a saving of an estimated \$33.60 per car per year due to lower maintenance costs and better fuel efficiency.

If the use of MMT in unleaded gasoline is discontinued, the retail price equivalent of the increased cost to the refiners is between one-third and one-half cent per litre, depending on the province in which the gasoline is sold.

Cost-Effectiveness Comparisons

Assuming that the costs to reduce light duty vehicle emissions can be equally divided amongst control of HC, CO, and NO_x, the approximate costs, at the retail level, per tonne in constant 1983 dollars for emission reductions are: \$432/tonne of HC, \$26/tonne of CO, and \$355/tonne of NO_x. If only the allocative costs of the emission control hardware are considered, the figures become: \$240/tonne of HC, \$14/tonne of CO, and \$198/tonne of NO_x. All of these estimates include the refinery costs to produce the additional unleaded fuel that would be required, but not the cost to remove MMT. If the cost to remove MMT is included, it will add approximately \$137/tonne for HC, \$8/tonne for CO, and \$113/tonne for NO_x.

Explicit cost-effectiveness comparisons between the cost per tonne of reductions of HC, CO, and NO_x emissions from light duty vehicles and the cost/tonne to

TABLE S.1 SUMMARY OF BENEFITS AND COSTS OF IMPLEMENTING THE PROPOSED LIGHT DUTY VEHICLE EMISSION STANDARDS (1987 - 1996)

Benefits	Value *
	(millions 1983 dollars)
1) Reduction in the incidence of adverse health effects from exposure to ambient concentrations of CO, NO ₂ , O ₃ , and lead.	**
2) Increased production of forests and agricultural crops in areas where reduced production due to ozone concentrations is observed.	**
3) A decrease in the contribution of nitrates to precipitation acidity.	**
4) Intangible and unknown benefits of reduced HC, CO, and NO _x emissions.	**
5) Improved fuel economy due to increased use of unleaded fuel.	75
6) Lower maintenance costs due to increased use of unleaded fuel.	68
Costs	
1) Cost of emission control equipment	
(a) Allocative costs	
Cost to manufacturer	538
(b) Nonallocative costs	
Vehicle manufacturer markup	124
Federal sales tax	59
Dealer markup	124
Research and development	<u>51</u>
Subtotal	358
Total cost to the consumer	896
2) Cost to produce additional unleaded gasoline	
(a) Refinery capital and operating costs	76 - 459***
(b) Markups and taxes on the increased cost to refiners	**

* Net present value in 1983 at a discount rate of 10 percent.

** Dollar values could not be established.

*** The estimate of \$76 million does not include the costs to remove MMT from unleaded gasoline. The estimate of \$459 million is the higher of the two available estimates that include costs to remove MMT.

achieve the same reductions from other sources could not be made due to the limitations of the available data. The only Canadian data available were for NO_x reductions at thermal generating stations. Depending upon capacity utilization factors, expected station life, and the percent decrease in NO_x emissions Ontario Hydro estimates that the cost per tonne of NO_x removed ranges from \$60 to \$3000 in 1984 dollars. For stations in Nova Scotia, New Brunswick, Ontario, Saskatchewan, and Alberta, Environment Canada has estimated that the cost per tonne of NO_x removed generally falls between \$115 and \$360 in 1982 dollars.

Estimates from United States studies of the cost per tonne to reduce HC, CO, and NO_x emissions from sources other than light duty vehicles vary widely depending upon the source and control strategy being considered. The cost per tonne of reducing emissions from light duty vehicles by implementing the proposed standards are well within the range of the cost per tonne estimates to achieve emissions reductions from other sources.

Nonallocative Impacts

The nonallocative impacts considered in the analysis were: distribution effects, effect on dynamic efficiency, effect on market structure, effect on international trade, employment and output effects, and effect on inflation.

The income distribution effects of the proposed emission standards are: a higher level of absolute costs will be borne by the upper income groups, although lower income groups will pay a higher percentage of their income for the required emission controls. In terms of regional distribution of costs and benefits, the costs of the required emission control systems will be borne by purchasers of cars across the country. The benefits are likely to be concentrated primarily in and downwind of larger cities, where air pollution is greater and automobile emissions are a significant factor in determining air quality.

Since the technology to meet the proposed standards is currently available for virtually all light duty vehicles sold in Canada and is used for all vehicles sold in the United States, no new technology will have to be developed in Canada. As a result, the impact of the proposed regulations on dynamic efficiency is minimal.

Currently, cars produced in Canadian and U.S. factories are equipped with at least two different types of emission control systems - one for Canada and one for the United States - on the same assembly lines. The proposed Canadian standards would eliminate the production of vehicles with emission systems designed specifically for the

Canadian market. This may lead to increased production efficiencies and reduced inventory requirements.

Two issues are related to the effect on market structure. The first is that a number of foreign manufacturers sell cars in Canada, but not in the United States. Some of these importers do not have ready access to emission control systems that meet the proposed standards. Their cost of compliance will be higher than the competition. Since most of these importers compete mainly on price, any loss of price advantage will have an impact on sales. The other issue is the effect of the proposed emission standards on the relative competitive position of the importers and domestic manufacturers. Based upon cost data that were submitted, foreign manufacturers are expecting to incur a higher cost of compliance than their North American counterparts. This apparent cost penalty will weaken the competitive position of the offshore manufacturers through either lost sales if retail prices are increased to cover the additional costs or lower profits if the additional costs are absorbed. The relatively higher increase in costs to the importers would tend to favour North American manufacturers.

It is estimated that 95 percent of the emission control equipment required to meet the proposed standards will be imported. The effect on international trade attributable to these imports will be to increase Canada's imports of automotive products by up to \$143 million (1983 dollars) per year or by just under 1 percent of the value of 1983 imports of automotive products. The other issue related to international trade is the impact that implementing the proposed emission standards would have on the number of U.S. citizens that purchase cars in Canada. Under the terms of the Canada-U.S. Automotive Products Trade Agreement, U.S. citizens can purchase a car in Canada and import it to the United States, duty free, as long as it meets U.S. emission and safety standards. At the moment only about 15 percent of the cars sold in Canada meet U.S. emission standards and are eligible for import into the United States. If the proposed emission standards are implemented virtually all cars sold in Canada will be eligible for import to the United States.

Cars sold in Canada are currently less expensive than comparable models sold in the United States when differences in the federal sales tax and exchange rate are taken into account. Prices for models with manufacturers' suggested retail prices less than \$15 000 are generally 9 to 10 percent lower, on average, in Canada than in the United States. Cars currently sold in Canada that are eligible for import into the United States sell for about 5 percent less in Canada than the United States.

The price advantage and the availability of a wide choice of models should Canada's emission regulations be made substantially identical to those of the United States can reasonably be expected to result in an increase in the number of U.S. citizens buying cars in Canada. This will have a positive impact on Canada's balance of trade. However, in the absence of other measures to prohibit private importation of cars by U.S. citizens, the domestic motor vehicle manufacturers can be expected to come under intense pressure from U.S. dealers to increase car prices in Canada to levels that would discourage U.S. citizens from purchasing cars in Canada.

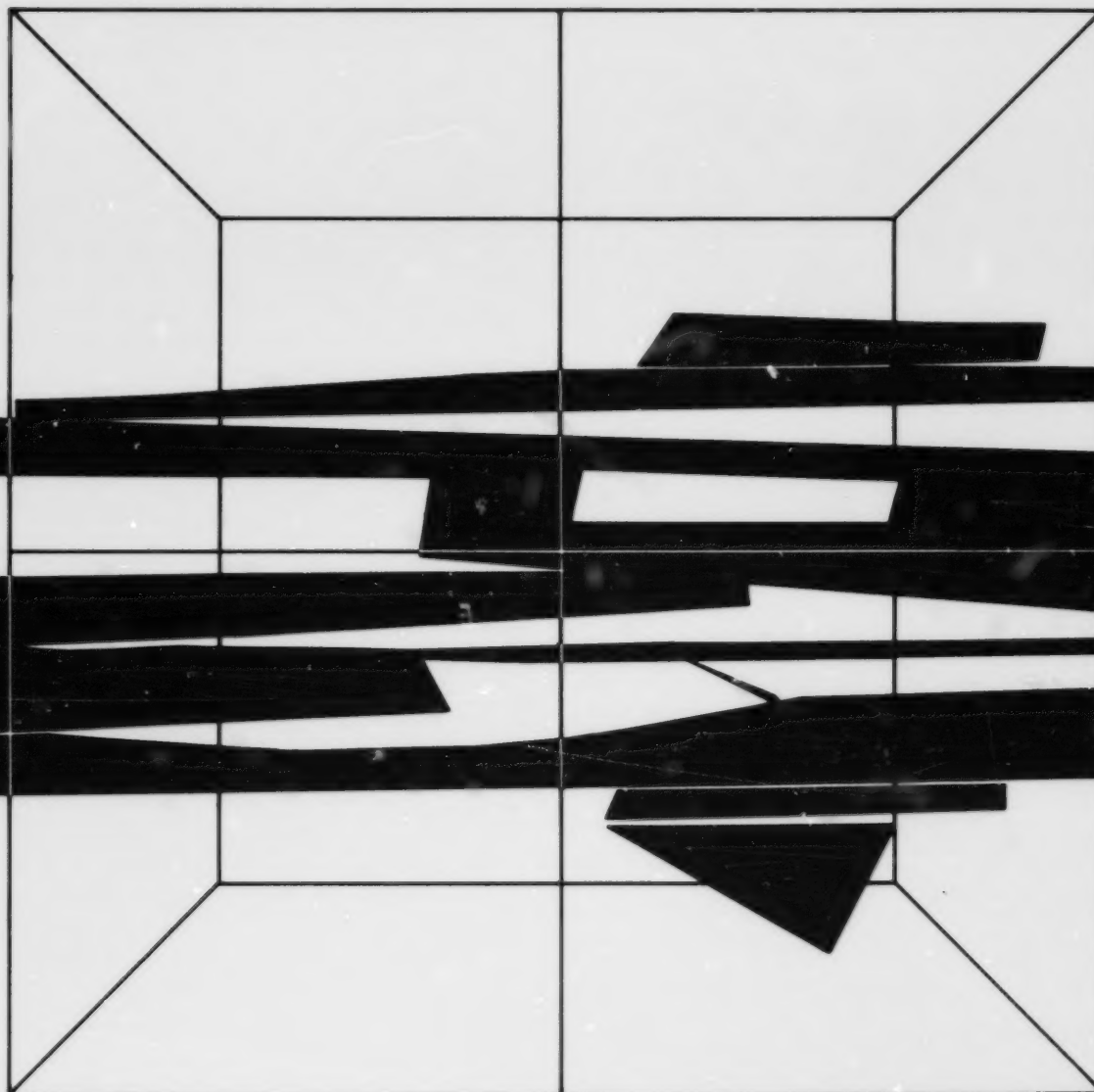
The outflow of up to \$143 million (1983 dollars) per year to import additional emission control hardware will be equal to the sum of reduced expenditures on other items and reduced savings by car buyers. Estimates of the magnitude of these effects have been made using Statistics Canada's Interprovincial Input-Output Model. The results of the input-output calculations suggest that the proposed emission standards will lead to a reduction in Canadian labour income of about \$80 million/year, a reduction in Canadian GNP of about \$120 million/year and possibly as many as 3200 fewer jobs created in Canada each year than would be the case if the money was spent in Canada. It is emphasized that certain inadequacies in the input-output model and the changing structure of the Canadian economy since the model was constructed make it possible that these estimates are high, possibly by a considerable amount.

Using the Statistics Canada definition of inflation, the proposed emission standards would have no impact on inflation.



Résumés d'études portant sur la révision des normes d'émission des véhicules automobiles

Rapport SPE 2/TS/5
Novembre 1984



Environnement
Canada

Service de la
protection de
l'environnement

Environment
Canada

Environmental
Protection
Service

Canada



**RÉSUMÉS D'ÉTUDES
PORTANT SUR LA RÉVISION DES NORMES
D'ÉMISSION DES VÉHICULES AUTOMOBILES**

Direction des programmes industriels
Direction générale des programmes
de protection de l'environnement
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada

Rapport SPE 2/TS/5
Novembre 1984

AVIS

Ces résumés ont été présentés à la Direction générale des programmes de protection de l'environnement du Service de la protection de l'environnement et leur publication a été approuvée. Cette approbation ne signifie pas nécessairement que ce rapport reflète les vues et les politiques du Service. La mention de marques de commerce ou de produits commerciaux ne constitue nullement une incitation à leur utilisation.

PRÉFACE

Environnement Canada, en coopération avec Transports Canada, a entrepris une revue et une analyse des implications de l'introduction au Canada, de normes de dégagement plus strictes pour les nouveaux véhicules légers, c'est-à-dire, les voitures particulières et les camions légers fonctionnant à l'essence et au diesel.

Environnement Canada a publié quatre rapports servant de documentation sur la question. Ils sont:

Effets du nitrate sur l'acidification du milieu aquatique	Rapport SPE 2/TS/1
Le transport des oxides d'azote dans l'atmosphère	Rapport SPE 2/TS/2
Émissions de véhicules légers et la question des oxydants au Canada	Rapport SPE 2/TS/3
Limitation des émissions atmosphériques polluantes: véhicules légers	Rapport SPE 2/TS/4

Au même temps, huit autres études d'experts-conseils ont été préparées afin d'étudier les divers aspects de ce sujet. À cause de l'ampleur de certains de ces rapports, Environnement Canada a décidé de publier les résumés pour diffuser l'information.

Toutes questions ou commentaires sur ces rapports peuvent être envoyé à:

M. Vic Shantora
Division des systèmes de transport
Direction des programmes industriels
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8



TABLE DES MATIÈRES

	Page
PRÉFACE	iii
RÉSUMÉ: RÉPERCUSSIONS DES ÉMISSIONS DES VÉHICULES AUTOMOBILES	1
R.J. Kolomeychuk et K.L. Yeager de The Environmental Applications Group Limited, et A. Yassi	
RÉSUMÉ: TECHNIQUES ET COÛTS D'ABAISSEMENT DES ÉMISSIONS PAR LES AUTOMOBILES AU CANADA	12
Pilorusso Research Associates Inc. et DeKany Associates	
RÉSUMÉ: ANALYSE DES DIFFÉRENCES HISTORIQUES DES PRIX DES VOITURES AU CANADA ET AUX ÉTATS-UNIS	21
James F. Hickling Management Consultants Ltd.	
RÉSUMÉ: LES NORMES PROPOSÉES LIMITANT LES ÉMISSIONS DES VÉHICULES À MOTEUR ET LEURS INCIDENCES SUR LA QUALITÉ DE L'AIR	25
Concord Scientific Corporation	
RÉSUMÉ: EXAMEN DES MÉTHODES PERMETTANT D'ÉVALUER LES AVANTAGES DE L'ABAISSEMENT DES ÉMISSIONS DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES VÉHICULES LÉGERS	30
F. Pilorusso et J.G. Shaw, Pilorusso Associates Inc. P.A. Victor, Victor & Burrell Research and Consulting E. Hanna, J.E. Hanna Associates Inc.	
RÉSUMÉ: COMPARAISON DE LA CONSOMMATION D'ESSENCE DES VOITURES AUX ÉTATS-UNIS ET AU CANADA	39
James F. Hickling Management Consultants Ltd.	
RÉSUMÉ: COÛTS, POUR LES RAFFINEURS, DU RETRAIT DU MMT ET DE LA RÉDUCTION DES VENTES D'ESSENCE AU PLOMB	41
Monenco Limited	
RÉSUMÉ: ANALYSE DES RÉVISIONS PROPOSÉES DES NORMES CANADIENNES RELATIVES AUX ÉMISSIONS DES VÉHICULES AUTOMOBILES DE TYPE LÉGER	45
Pilorusso Research Associates Incorporated	



RÉSUMÉ

RÉPERCUSSIONS DES ÉMISSIONS DES VÉHICULES AUTOMOBILES*

préparé par

R.J. Kolomeychuk et K.L. Yeager de
The Environmental Applications Group Limited, et A. Yassi

1 Introduction

Une étude des émissions de véhicules automobiles et de leurs répercussions a été effectuée pour Environnement Canada dans le cadre de l'Analyse des incidences socio-économiques (AISE) de normes proposées limitant les émissions des véhicules automobiles neufs. Au cours de cette étude des recherches approfondies ont été faites sur les polluants émis par les véhicules automobiles, notamment le monoxyde de carbone, les oxydes d'azote, les oxydants photochimiques, les hydrocarbures et les particules émises par les systèmes d'échappement de moteurs diesel. Les répercussions des composants nitriques des précipitations acides formés à partir des oxydes d'azote, ont également été étudiées.

La philosophie sur laquelle repose les normes et les lignes directrices a été le fruit d'une réflexion approfondie dans le but de cerner les principales préoccupations que soulèvent les effets nuisibles sur la qualité de l'air. L'élaboration des normes nécessite un jugement sûr pour faire la distinction entre un effet inacceptable et une concentration maximale admissible, c'est-à-dire celle qui assure une protection contre les répercussions nuisibles. La méthode utilisée pour définir ou imposer une concentration maximale admissible est importante parce qu'on dispose rarement d'une information scientifique suffisante sur un polluant pour établir cette distinction. Dans ces cas, une marge de sécurité est habituellement incorporée pour tenir compte des incertitudes.

Les polluants susmentionnés ont des répercussions dans les cinq domaines suivants:

- 1) La santé, à cause du monoxyde de carbone, des oxydes d'azote, de l'ozone et des particules émises par les systèmes d'échappement de moteurs diesel.
- 2) L'écosystème terrestre, en particulier les dommages causés aux récoltes.
- 3) L'écosystème aquatique, spécialement sur les pêches (précipitations acides).
- 4) Les dommages matériels.
- 5) La réduction de la visibilité par les émissions particulières et gazeuses et les produits photochimiques.

* MAS, contrat n° KE145-2-0692, octobre 1983

De plus, le présent document traite de la formation des précipitations acides provenant des émissions de véhicules automobiles (particulièrement les NO_x) et de ses répercussions. On y expose aussi les résultats d'une étude sur la formation des oxydants photochimiques qui permettront d'élaborer une méthode logique visant à identifier sommairement les répercussions directes et indirectes, des émissions des véhicules automobiles.

La méthode d'analyse des coûts et des rendements utilisée pour l'AISE exige que les fonctions "dose-réponse" soient précises pour chaque répercussion nuisible. L'évaluation de la base d'information actuelle montre qu'il existe d'importants manques de connaissances sur chacun des polluants étudiés dans le présent rapport. De plus, il peut y avoir désaccord sur ce qui constitue une répercussion. Lorsque c'est possible et dans les limites des connaissances actuelles, les fonctions "dose-réponse" ont été incorporées dans les données utilisées pour faire l'évaluation de l'analyse des incidences socio-économiques.

Le présent rapport est basé principalement sur les documents relatifs aux critères de la qualité de l'air élaborés par Environnement Canada, l'Environmental Protection Agency (É.-U.), l'Organisation mondiale de la santé et d'autres organismes. On n'a pas voulu commenter tous les principaux documents consultés. Par contre, des travaux ou études originaux considérés comme étant les plus importants y sont inclus, ainsi que tout autre ouvrage important qui a été publié après ces documents relatifs aux critères.

2 Normes de qualité de l'air

Les normes ou les objectifs de qualité de l'air ambiant peuvent varier selon les pays et dans un même pays, au fur et à mesure que de nouvelles connaissances sont acquises. Leur but à long terme est de protéger la santé humaine contre les répercussions nuisibles. On a également considéré les répercussions des polluants sur la végétation, la propriété matérielle, la visibilité et sur l'environnement en général. Le concept d'une norme visant à protéger les récepteurs d'une nuisance significative repose sur des données statistiques qui représentent un ensemble de cas singuliers de nuisance significative. L'adoption d'une norme ne garantit pas la protection de tous les individus. Les paragraphes suivants constituent une brève synopsis des normes de la qualité de l'air applicables au monoxyde de carbone, au dioxyde d'azote, aux hydrocarbures et aux oxydants photochimiques. Aucune norme de qualité de l'air n'a été imposée au Canada

pour limiter les émissions des particules provenant des systèmes d'échappement de moteurs diesel ou concernant les dépôts acides.

Monoxyde de carbone. Les concentrations dites admissibles de carboxyhémoglobine (COHb) dans le sang ont diminué au cours de la dernière décennie, ce qui a contribué à abaisser les valeurs de référence existantes et à diminuer la rigueur des normes proposées. On est également de plus en plus conscient de l'accumulation rapide de COHb chez les personnes physiquement actives. Actuellement la limite maximale admissible est de 34 mg/m^3 (30 ppm) de CO pendant une heure. Cette limite recommandée en 1971, excède de 6 mg/m^3 (5 ppm) les plus récentes valeurs recommandées par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et les normes américaines proposées. Il en va de même pour la limite canadienne admissible dans le cas d'une exposition de huit heures, qui est plus forte que la norme américaine existante et la recommandation faite par l'OMS en 1979. Seule la norme japonaise pour une exposition de huit heures, publiée en 1971, est plus forte que la norme homologue canadienne.

Toutes les normes pour le CO, imposées ou recommandées, visent à protéger contre les répercussions nuisibles les personnes vulnérables, comme celles qui souffrent d'affections cardiaques et d'anémie. La méthode américaine est fondée sur le concept d'une marge de sécurité déterminée pour les groupes vulnérables qui visitent certains emplacements en haute altitude (par exemple, un cardiaque de New York en visite à Denver) et pour les fœtus. Le modèle de relations entre l'exposition au CO et les concentrations sanguines de COHb comporte un certain degré d'incertitude. L'un des aspects étudiés actuellement par l'EPA et le Sous-comité canadien des objectifs nationaux de qualité de l'air est la sensibilité des concentrations du COHb prévues à l'aide du modèle Coburn lorsqu'elles sont associées à des concentrations variables plutôt qu'à des concentrations statiques de CO et à des paramètres physiologiques différents.

Dioxyde d'azote. Dans tous les pays, les normes de l'exposition à long terme au NO_2 voisines de 100 mg/m^3 (0,05 ppm) ont pour but de protéger la santé de certains groupes vulnérables de la population. Dans les pays qui ont publié des normes pour l'exposition à court terme (moyennes journalières ou d'une heure), les critères fondamentaux portent sur les répercussions sur la santé. On a étudié en outre, le rôle joué par le NO_2 dans l'évolution de la pollution photochimique (Japon et République fédérale allemande), les dommages à la végétation et la perception sensorielle (Canada). Les critères scientifiques disponibles pour les normes d'exposition à long terme basées sur les répercussions sur la santé sont très ténus et, à partir de 1977, l'Organisation mondiale de la santé a constaté

que l'information n'était pas suffisante pour recommander des valeurs de référence pour la qualité de l'air. L'étude des critères scientifiques faite par l'EPA est également parvenue à cette conclusion mais, comme une norme annuelle était appliquée, on pensait qu'elle pouvait servir provisoirement de protection contre les concentrations maximales à court terme de NO_2 . Un facteur de sécurité appréciable compris entre 3 et 5 a été incorporé dans la ligne directrice de l'OMS relative à la forte activité biologique en une heure du NO_2 .

Hydrocarbures. Il n'existe pas d'objectifs de qualité de l'air pour les hydrocarbures au Canada. En 1983, les États-Unis ont annulé leur norme relative aux hydrocarbures autres que le méthane, qui était de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,24 ppm) en moyenne pour trois heures (de 6 h 00 à 9 h 00). Cette norme comportait une caractéristique spéciale : les concentrations n'étaient pas basées sur les répercussions directes des hydrocarbures sur la santé ou le bien-être, mais avaient pour but de fournir un moyen de se conformer à la norme pour l'ozone.

Oxydants photochimiques. La chronologie des événements qui ont conduit à l'établissement des normes et à la recommandation de lignes directrices indique des tendances conflictuelles. En 1979, les États-Unis ont abaissé leur norme portant sur une heure de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (de 80 à 120 pp 10^9) tandis que, la même année, l'OMS abaissait ses lignes directrices pour la protection de la santé humaine de la plage des 200 - $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (100 - 125 pp 10^9) à celle des 100 - $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (50 - 100 pp 10^9). Au Canada, l'objectif maximal admissible est de $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (80 pp 10^9) pour une concentration moyenne d'une heure. Ces interprétations différentes sont essentiellement basées sur le même ensemble de critères scientifiques quoique l'OMS tende à utiliser plus que les États-Unis des données animales à l'appui de ses recommandations.

En général, les normes pour l'ozone ont été établies principalement pour protéger la santé publique. Au Canada, les dommages causés à la végétation ont également été pris en considération lors de l'établissement de concentrations maximales admissibles. En Ontario, les critères de qualité de l'air pour l'ozone visent principalement à éviter les dommages à la végétation.

3 Répercussions nuisibles

Les critères de qualité de l'air sont les répercussions ou réponses observées d'une ou plusieurs substances atmosphériques sur un récepteur ou une population définis dans des conditions déterminées. Ces critères servent de base à l'établissement des

normes et, dans les cas où l'information est complète, correspondent aux relations "dose-réponse". Les paragraphes suivants constituent un résumé des répercussions nuisibles des polluants atmosphériques émis par les automobiles sur des récepteurs ou des populations.

3.1 Santé. Le monoxyde de carbone (CO) a des répercussions délétères sur la fonction cardiaque et est des plus dangereux pour les personnes atteintes d'une maladie cardiovasculaire. Le monoxyde de carbone a également des répercussions nuisibles sur le rendement au travail et les fonctions du système nerveux central. Une diminution de la vigilance ou du rendement lors de l'accomplissement de tâches complexes peut s'avérer importante au niveau de la population en général lorsque celle-ci est exposée à de faibles concentrations de CO, et ses effets possibles peuvent se faire particulièrement sentir sur l'aptitude à conduire des véhicules automobiles. Toutefois, aucune répercussion de ce type n'a été clairement documentée. Les femmes enceintes, les foetus et les nouveaux-nés sont très sensibles à la toxicité du monoxyde de carbone mais la quantification précise d'un risque accru n'est pas encore possible pour ce groupe.

L'exposition au dioxyde d'azote (NO₂) affecte la perception sensorielle et cause l'irritation des muqueuses du tractus respiratoire. Les répercussions nuisibles du NO₂ sur la fonction pulmonaire peuvent avoir une importance particulière pour les asthmatiques. Il semble également que le NO₂ augmente la susceptibilité à l'infection et il est possible qu'il soit responsable de l'augmentation de l'incidence de la maladie respiratoire, plus particulièrement chez les enfants.

L'exposition à l'ozone peut provoquer des anomalies dans différents organes. Le système respiratoire constitue, encore une fois, le site des plus grands dommages. L'ozone nuit à la fonction pulmonaire, l'importance de ses répercussions dépend de différents facteurs et notamment de la susceptibilité individuelle et du niveau d'activité physique. La diminution du rendement, l'exacerbation de l'asthme et l'augmentation de la susceptibilité à l'infection ont également été reliées à l'exposition à l'ozone.

On sait que les gaz d'échappement des moteurs diesel contiennent une forte concentration de particules qui ont été reliées à l'augmentation de la mortalité chez les personnes âgées et les malades atteints de maladies respiratoires (bronchite chronique, emphysème, etc.). On sait également que l'exposition aux particules cause l'exacerbation de la maladie chez ces malades et des études ont relié la fréquence des attaques d'asthme et l'incidence des maladies respiratoires aiguës chez les enfants à l'exposition aux particules. Par contre, on ne sait pas encore dans quelle mesure les fines particules, qui

composent la majeure partie des émissions des moteurs diesel, peuvent influencer sur les maladies respiratoires. Toutefois, la principale préoccupation relative à la santé est le potentiel cancérigène des émissions des moteurs diesel. Actuellement, aucun signe convaincant n'indique clairement l'existence de ce danger, qui ne peut, à plus forte raison, être quantifié.

Aux concentrations ambiantes, les hydrocarbures considérés comme une catégorie ont peu de répercussions directes sur la santé. Toutefois, certains d'entre eux peuvent être dangereux à des concentrations voisines de celles de l'air ambiant. Le benzène, par exemple, qu'on sait capable de causer de sérieux désordres sanguins, notamment la leucémie, peut inquiéter dans certaines situations particulières. Les aldéhydes, le formaldéhyde par exemple, qui peuvent être formés à partir des hydrocarbures émis dans les gaz d'échappement des véhicules automobiles, peuvent irriter les muqueuses ou causer des attaques d'asthme chez les personnes sensibles. La quantification de ces effets n'est pas possible actuellement.

Les précipitations acides peuvent également affecter indirectement la santé en augmentant le danger d'empoisonnement par le mercure et le plomb ou le danger d'intoxication par d'autres éléments dans certaines régions et chez certaines populations.

3.2 Systèmes terrestres. Les études des répercussions des polluants atmosphériques sur les systèmes terrestres ont porté principalement sur la végétation. La blessure visible de la feuille exposée au NO_2 est le symptôme le plus facilement décelable et le plus fréquemment signalé et a fait l'objet de nombreux rapports sur les dommages causés aux cultures commerciales. Certaines études ont toutefois montré que des diminutions de la croissance et du rendement des plantes peuvent se produire sans qu'apparaissent ces symptômes visibles.

L'exposition à court terme à des maximums de NO_2 peut causer autant de dommages, sinon plus, à la végétation que l'exposition continue à ce gaz au cours d'une saison de croissance. Les diminutions de la croissance et du rendement peuvent se reproduire en n'étant accompagnées que de blessures foliaires minimales ou en l'absence de ces blessures; il est également possible de déceler des blessures foliaires graves sans observer de répercussions significatives sur les rendements agricoles.

Certaines études des expositions combinées au NO_2 et au SO_2 ont révélé que le seuil de blessure du NO_2 peut être diminué significativement en présence de SO_2 . Les réponses à ces mélanges sont reliées aux rapports des concentrations, à la séquence des

expositions et à d'autres variables. Dans certaines régions d'Amérique du Nord, les concentrations ambiantes sont comprises dans des plages de concentrations auxquelles des blessures observables ont été causées.

Certaines données disponibles semblent indiquer que l'ozone (O_3) est le plus pénétrant et le plus dommageable, sur le plan économique, des oxydants photochimiques. Les répercussions de l'ozone sur les plantes se manifestent notamment par des altérations métaboliques, la diminution de la production primaire et la modification subséquente du compartimentage des produits de la photosynthèse et des diminutions connexes de la biomasse et/ou du rendement. La qualité de la plante subit d'autres répercussions, comme la blessure foliaire ou l'altération de ses éléments nutritifs. D'après certaines études la blessure foliaire constitue un indicateur utile de la présence d'oxydants photochimiques, mais comme cette blessure peut être également causée par d'autres stress on ne peut pas toujours se fier à ce facteur pour prévoir les répercussions des oxydants sur la croissance, le rendement ou la qualité. Certains signes semblent indiquer actuellement que l'ozone que l'on trouve dans l'air ambiant de nombreuses régions d'Amérique du Nord est suffisant pour diminuer la croissance et le rendement de la végétation et que certaines cultures sensibles subissent des modifications significatives dues à l'exposition saisonnière pendant les sept heures journalières médianes à des concentrations d' O_3 , comprises entre 80 et 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,04 et 0,10 ppm).

Certains signes semblent indiquer que de grandes parties des écosystèmes forestiers de la zone tempérée subissent des perturbations reliées aux oxydants qui apportent des modifications significatives à la forêt. Certaines diminutions de la production et de la diversité sont évidentes, les forêts primaires et celles qui leur ont succédé en partie étant particulièrement en danger. On pense que les stress continuels à long terme diminuent la couverture foliaire totale et la richesse des espèces et augmentent la dominance des espèces tolérantes aux oxydants. Au fil du temps, certaines modifications progressives et subtiles du métabolisme, de la croissance et de la composition des forêts dans de vastes régions de la zone tempérée sont considérées par les chercheurs comme étant beaucoup plus importantes que la destruction sur de courtes périodes, plus dramatique, des forêts au voisinage immédiat des sources ponctuelles d'oxydants.

Les composés nitriques des précipitations acides ne sont probablement pas significatifs comme source d'éléments nutritifs pour les cultures agricoles mais peuvent fournir jusqu'à 40 p. 100 des besoins en azote des forêts. Il existe actuellement peu de signes certains prouvant que les concentrations existantes d'azote dans les précipitations

acides ont des répercussions délétères sur la végétation terrestre, mais ces concentrations peuvent modifier la productivité de la forêt et des plantes agricoles par impaction directe, par des modifications de la structure et des processus du sol ou par lessivage des minéraux des bassins versants. La blessure foliaire n'a pas été documentée sur place à cause des dépôts acides, mais certains traitements appliqués dans des conditions contrôlées, comportant des précipitations acides simulées, ont causé, dans certains cas, des blessures foliaires et des diminutions ou stimulations de la croissance. Les études terminées sont trop peu nombreuses pour pouvoir évaluer avec précision les répercussions terrestres des précipitations acides.

3.3 Systèmes aquatiques. Dans l'est de l'Amérique du Nord, les apports sulfurés acides excèdent annuellement les apports azotés acides dans les précipitations acides et le produit annuel net de ces anions dans les cours d'eau et les lacs est constitué surtout de sulfate. Certains chercheurs ont conclu que puisque le nitrate atteint les eaux superficielles en petites quantités par rapport à la charge annuelle de ces eaux et ne s'y accumule pas, son influence sur l'acidification à long terme des eaux superficielles est plus petite que celle du sulfate.

L'acide nitrique peut jouer un rôle plus significatif dans l'acidification à court terme liée à la fonte printanière du manteau nival contenant du nitrate. C'est la raison pour laquelle le nitrate peut être épisodiquement important parce qu'il accentue la diminution existante du pH causée par le sulfate. À ce jour, certaines études de ce phénomène ont constaté que les concentrations de sulfate excèdent encore celles du nitrate mesurées sur une base équivalente, même pendant l'écoulement printanier.

Les conclusions des documents de référence publiés permettent d'affirmer que la plus grande partie de l'augmentation de l'acidité observée dans les réseaux d'eaux superficielles était due aux modifications de la concentration de sulfate attribuées aux dépôts du sulfate et de l'acide sulfurique. Les acides sulfurique et nitrique contribuent à l'acidification des eaux superficielles pendant des périodes de diminutions du pH et de stress pour le poisson. Il n'existe actuellement pas de signe certain permettant de prévoir une diminution appréciable de l'acidification à long terme des lacs ou des cours d'eau à cause d'une diminution des apports de nitrate.

L'azote atmosphérique peut constituer une part importante de la charge des Grands lacs et des eaux canadiennes. Dans la plupart des lacs, l'eutrophisation est limitée dans une grande mesure par le phosphore présent, il est donc invraisemblable que l'azote

atmosphérique soit un élément majeur dans le processus d'enrichissement des lacs. Il faut considérer comme des exceptions les écosystèmes des côtes, des estuaires et des lacs eutrophisés qui peuvent connaître une stimulation de la production aquatique lorsque les apports de nitrate augmentent.

3.4 Substances artificielles. Les dommages causés aux substances artificielles par l'ozone et le dioxyde d'azote ont été documentés pour certaines concentrations observées dans l'atmosphère ambiante. Toutefois, certaines précautions doivent encore être prises pour appliquer à des expositions réelles la documentation sur les dommages matériels élaborée dans des études de laboratoire.

Les fibres cellulosiques (coton et rayonne à la viscose) teintées à l'aide de colorants directs, colorants à cuve et colorants réagissant sur la fibre, subissent une grave décoloration à l'exposition en cuve à $940 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,5 ppm) de NO_2 en atmosphère très humide (90 p. 100) et très chaude (30°C). Une décoloration significative est observée après une exposition de 12 semaines à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,05 ppm) de NO_2 dans les mêmes conditions d'humidité et de température élevées. Sur le nylon, les colorants acides se décolorent lorsqu'ils sont exposés à une concentration de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,1 ppm) de NO_2 dans les mêmes conditions environnementales. Le jaunissement des tissus blancs en fibres de polyuréthane segmentées, coton caoutchouté, acétate blanchi optiquement et nylon a été documenté par des études en laboratoire où ils ont été exposés pendant 8 heures à une concentration de $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,2 ppm) de NO_2 . Certains nitrates ont été rendus responsables de la rupture de fils en alliage de nickel et de laiton utilisés dans l'équipement téléphonique, mais il n'existe pas d'autres rapports portant sur la corrosion des métaux.

Les nitrates étant plus hygroscopiques que les chlorures ou les sulfates, l'utilisation des premiers peut abaisser le seuil de la corrosion des métaux par l'humidité.

Les seules répercussions quantifiées de l'ozone sur les substances artificielles sont celles des produits utilisés pour fabriquer les pneus. Le caoutchouc naturel se fissure en présence de concentrations d'ozone aussi faibles que $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (20 ppb). Les pneus sont protégés de la dégradation grâce à l'addition d'agents antiozone qui inhibent les réactions du caoutchouc avec l'ozone. L'ozone a des répercussions sur les colorants textiles qui sont altérés dans des conditions spéciales qui ne peuvent pas être facilement généralisées dans l'environnement urbain. Toutes ces répercussions ont été observées à de hautes températures et dans des conditions d'humidité relativement élevées. Des travaux récents ont indiqué qu'il peut exister une association significative entre l'érosion de la

peinture au latex et l'humidité relative en présence d'ozone, mais des études plus approfondies sont nécessaires pour établir définitivement une fonction "dose-réponse" pour le dommage.

3.5 Visibilité. La visibilité constitue un élément important dans l'appréciation de la qualité de l'air par la population en général et les organismes gouvernementaux. Au Canada, la protection contre les obstructions de la visibilité est l'un des critères sur lesquels est fondé l'objectif de qualité maximale de l'air relativement aux particules en suspension. Récemment, l'Environmental Protection Agency et le Conseil national de recherches du Canada ont recommandé que des normes (objectifs) soient élaborées pour les particules fines, la visibilité servant de critère, d'après une relation relativement bien définie entre la portée visuelle et la concentration massique des particules fines. Dans de nombreux cas, ces particules fines sont des produits photochimiques des émissions gazeuses. La méthode d'estimation de la portée visuelle à partir de la concentration massique de particules fines est assez bien connue. Une relation semi-empirique peut être utilisée comme indicateur de l'importance relative des différentes espèces chimiques présentes sous forme de particules fines en tant qu'obstruction de la visibilité. Dans l'est de l'Amérique du Nord, l'importance de l'action du sulfate sur la diminution de la visibilité a été confirmée tandis que celle des nitrates, des composés organiques et du carbone (suie) dépend plus de l'emplacement.

Le Protocole qui a fait l'objet d'une entente récente entre le Canada et les États-Unis relativement au transport sur de longues distances des polluants a permis de conclure que "les données disponibles semblent indiquer que les nitrates présents surtout à l'état de vapeur n'ont, pour la plupart, que peu de conséquences sur la visibilité dans l'est de l'Amérique du Nord".

L'effet du dioxyde d'azote sur la diminution de la portée visuelle est petit mais, ce composé peut, dans certaines circonstances, provoquer l'apparition d'une brume sèche brunâtre; dans la majorité des cas, toutefois, cette brume sèche est attribuable à la diffusion de la lumière solaire par les particules.

3.6 Répercussions indirectes. La formation d'un produit de réaction secondaire qui a lui-même des effets directs sur la santé humaine dans les cinq domaines examinés sommairement dans les paragraphes précédents comportent des répercussions indirectes. Celles-ci sont notamment la formation d'oxydants photochimiques à partir des émissions primaires d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote en présence de lumière solaire et la

formation de nitrates et d'acide nitrique à partir des émissions d'oxydes d'azote. Les produits finals ont tous des répercussions nuisibles connues ou soupçonnées sur les différents récepteurs.

La relation quantitative entre les précurseurs (NO_x et hydrocarbures) et les produits finals (O_3 , HNO_3) est complexe et n'est pas complètement comprise.

Le rôle des émissions de NO_x dans la formation des oxydants photochimiques prête à controverse. Certaines études semblent indiquer que la diminution des concentrations de NO_x présentes favorise la formation de l'ozone.

Tous les processus de conversion dans le phénomène des précipitations acides exigent des substances oxydantes comme le peroxyde d'hydrogène, l'ozone et le radical hydroxyle. La production de ces composés est directement reliée à la catégorie des hydrocarbures réactifs polluants. Les conversions des polluants atmosphériques en aérosols acides se produisent à des vitesses différentes qui dépendent des quantités relatives et absolues de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote, d'hydrocarbures et de particules fines présentes dans les émissions. Les conditions météorologiques influencent également fortement les conversions générales. Le processus de conversion de l'acide au cours d'un événement (période courte) peut être caractérisé par la concurrence du SO_2 et des NO_x pour fixer les oxydants et l'inhibition de la formation d'un acide par un autre composé présent. Toutefois, sur une période longue et à l'échelle d'une grande région, il est possible de considérer ces réactions comme étant linéaires. En d'autres mots, la concentration d'acide formé peut être directement proportionnelle à la quantité de son précurseur émise.

RÉSUMÉ

TECHNIQUES ET COÛTS D'ABAISSEMENT DES ÉMISSIONS PAR LES AUTOMOBILES AU CANADA*

préparé par

Pilorusso Research Associates Inc. et DeKany Associates

L'étude décrite dans le présent rapport a été entreprise dans le cadre de l'Analyse des incidences socio-économiques de normes proposées limitant les émissions d'hydrocarbures (HC), de monoxyde de carbone (CO) et d'oxydes d'azote (NO_x) à 0,25, 4,35 et 0,62 grammes au kilomètre respectivement. Ces projets de normes et la tenue d'une analyse des incidences socio-économiques ont été annoncés dans la Gazette du Canada, Partie I, le 18 septembre 1982.

Les principaux objectifs de l'étude étaient d'examiner les techniques requises pour abaisser davantage les émissions causées par les automobiles et de déterminer les coûts additionnels liés au matériel requis pour respecter ces normes. Les analyses ont porté sur les données existantes et n'ont comporté aucune recherche expérimentale, aucun essai en laboratoire ou autre travail supplémentaire. Les données ont été tirées en partie d'un sondage effectué auprès des fabricants de véhicules automobiles.

Outre les techniques et coûts d'abaissement des émissions, les effets du temps froid comme on en connaît au Canada et de la composition de l'essence sur les émissions ont été examinés.

Les principales observations et conclusions sont les suivantes:

Techniques de dépollution permettant de satisfaire aux normes actuelles

Un système dépolluant non-catalytique donne à la plupart des fabricants une marge de manoeuvre suffisante pour leur permettre de satisfaire aux normes canadiennes actuelles relatives aux émissions. Toutefois, si le temps et les ressources humaines sont limités et si la consommation d'essence est un objectif important, le catalyseur d'oxydation constitue après une analyse coût-efficacité, un choix plus avantageux pour beaucoup de fabricants. Le choix d'un dispositif catalytique trifonctionnel, ou plus précisément, d'un dispositif dépolluant conforme aux normes fédérales américaines, est dicté uniquement par des considérations de volume de production; un tel dispositif serait

* MAS, contrat n° KE145-2-0739, octobre 1983

choisi si les coûts nécessaires pour mettre au point un dispositif spécial pour le Canada, pour le faire homologuer et assurer sa conformité aux normes dépassaient les coûts d'un dispositif américain.

Toyota et Honda ont été les seuls fabricants d'automobiles à fournir des données sur les coûts des dispositifs dépolluants actuels. Toyota a estimé à 182 \$, et Honda, entre 150 et 475 \$ le prix de détail équivalent d'un dispositif non-catalytique (c.-à-d. le coût pour le consommateur). Dans le cas d'un dispositif catalytique d'oxydation, les deux compagnies l'ont estimé respectivement à 227 \$ et entre 410 et 610 \$. En se fondant sur des données de l'U.S. Environmental Protection Agency (EPA), les auteurs estiment pour leur part ces prix à 130 et 190 \$ pour les dispositifs non-catalytiques et les dispositifs catalytiques d'oxydation respectivement. Tous ces prix sont en dollars canadiens de 1983.

Moyens d'abaissement des émissions pour satisfaire aux normes proposées

Il apparaît évident qu'en général les fabricants opteront pour le système catalytique trifonctionnel à boucle fermée. Outre le catalyseur, le système typique comportera le recyclage des gaz d'échappement, l'injection d'air (air pulsé dans les véhicules légers et pompe à air dans les véhicules lourds), un détecteur d'oxygène, un micro-ordinateur et un carburateur à courant de retour ou un système d'injection électronique. Plus de fabricants adopteront l'injection électronique en un seul point au lieu des carburateurs en raison des coûts un peu plus faibles et d'une régulation plus précise. Les modifications des moteurs de façon à appliquer les nouveaux concepts de combustion rapide seront plus fréquentes. Les véhicules plus légers devraient pouvoir satisfaire aux normes proposées à l'aide des dispositifs catalytiques d'oxydation. Des dispositifs trifonctionnels à boucle ouverte seraient également utilisés dans certains véhicules légers à quatre cylindres.

Même si certains fabricants ont indiqué qu'ils devront utiliser des dispositifs catalytiques combinés (trifonctionnels et d'oxydation), selon les auteurs, le catalyseur auxiliaire d'oxydation n'est pas nécessaire pour atteindre la norme de 4,35 grammes de CO au kilomètre. Les fabricants ont également exprimé cette opinion lorsqu'ils ont témoigné devant un comité du Congrès américain en 1982 en vue d'obtenir un assouplissement de la norme pour le CO.

Le tableau présenté plus loin permet de comparer les estimations des fabricants et de l'EPA quant aux augmentations de prix qu'entraînera le perfectionnement des dispositifs dépolluants pour satisfaire aux normes proposées.

Comme on peut s'y attendre, l'écart entre les prix reflète des différences touchant le volume de production, le perfectionnement du matériel, la comptabilisation des coûts, les pratiques de ventilation et d'autres facteurs influant sur les coûts. Selon le meilleur jugement des auteurs, l'effet de l'adoption des normes proposées pour le consommateur devrait être d'environ 200 \$ si on passe du dispositif catalytique d'oxydation actuel à un dispositif trifonctionnel et d'environ 400 \$ si on passe d'un dispositif non-catalytique à un dispositif trifonctionnel.

Répercussions sur la consommation d'essence

Répondre à la question "Quel effet auront les normes proposées d'émission sur la consommation d'essence?" est difficile et relève de la spéculation. Après considération de tous les facteurs, les auteurs estiment que l'effet sera minime et légèrement positif, soit une amélioration de 1 à 2 p. 100 de la consommation d'essence. Ils sont arrivés à cette conclusion en estimant que l'utilisation accrue et le perfectionnement de l'électronique, des systèmes de contrôle de l'alimentation en carburant et des techniques de combustion rapide entraîneront une amélioration d'environ 5 ou 6 p. 100 avec les dispositifs américains pour les modèles de 1986, ce qui compensera les augmentations de la consommation d'essence dues aux mélanges air-essence enrichis qu'exigent les dispositifs trifonctionnels.

COMPARAISON DES AUGMENTATIONS DE PRIX AU DÉTAIL QU'ENTRAÎNERONT LES NORMES PROPOSÉES (dollars canadiens de 1983)

Action/source	Augmentation du prix
<u>Passer d'un système non-catalytique à un système catalytique trifonctionnel à boucle fermée</u>	
EPA(carburateur) (injection en un seul point)	360 \$ 510
Honda	480 - 805
Toyota (carburateur)	418
Renault	940

Passer d'un système catalytique d'oxydation à
un système catalytique trifonctionnel
à boucle fermée

EPA(carburateur)	100 \$
(injection en un seul point)	250
Chrysler (carburateur)	210
Honda	345 - 545
Toyota (carburateur)	373
Volkswagen	plus de 155

Passer d'un système catalytique d'oxydation à
un système catalytique combiné (trifonctionnel
+ oxydation) à boucle fermée

EPA (carburateur)	240 \$
Ford (carburateur)	175
Toyota (carburateur)	452

Effets sur la durabilité, l'entretien, la conduisabilité et d'autres caractéristiques

Dans leurs réponses au sondage, les fabricants ont tous indiqué qu'ils ne prévoyaient pas de répercussions sur la durabilité, l'entretien et la conduisabilité.

Les auteurs sont du même avis. De fait, les normes proposées entraîneront une utilisation accrue des essences sans plomb et des composantes en acier inoxydable, ce qui accroîtra la durabilité des systèmes d'échappement. Comme ces systèmes seront réglés pour la combustion d'un mélange plus riche et emploieront des dispositifs électroniques plus perfectionnés, la conduisabilité devrait également être améliorée, y compris le démarrage et la performance par temps froid.

Délais

Les fabricants s'accordent au sujet des délais nécessaires. Selon eux, si un système américain est disponible et n'exige pas beaucoup de modifications, un délai de 12 à 18 mois est suffisant. Si le système doit être modifié et soumis à des essais d'homologation, un délai de 36 mois est alors considéré comme plus acceptable.

Un calendrier prévoyant un délai de 30 mois serait donc approprié, car cela permettrait aux fabricants de rajuster des systèmes américains et de tirer profit de la limite plus faible qu'aux États-Unis pour le CO. Des compromis techniques seront possibles pour abaisser le coût (p. ex. élimination des catalyseurs auxiliaires d'oxydation) et améliorer la consommation d'essence (grâce aux améliorations des composantes électroniques).

Normes pour les pertes par évaporation

Les auteurs ont également fait une étude de faisabilité de l'application d'une norme limitant à 2 grammes les pertes par évaporation. Aucun des fabricants ayant répondu au sondage n'a indiqué des préoccupations ou des difficultés à ce sujet. Cela n'est pas étonnant, car la plupart d'entre eux utilisent le système américain d'abaissement des pertes par évaporation qui satisfait déjà à la norme. Il est possible que certains modèles doivent être améliorés. Par exemple, Toyota a indiqué que la plupart de ses véhicules légers respectent déjà cette limite, mais les familles des moteurs de 1,5 et 1,6 litre devront subir des modifications qui entraîneront un coût additionnel de 23 \$ par véhicule.

Automobiles à moteur diesel

Pour ces voitures, la faisabilité technique de satisfaire aux normes proposées dépend de leur assujettissement ou non à une norme pour les particules, du rapport de la masse du véhicule et de la puissance du moteur ainsi que du délai accordé.

Sans norme pour les particules, tous les moteurs diesel, à l'exception des grosses cylindrées (plus de 3 litres) dans des véhicules pesant plus de 1360 kg non munis de chambres divisées, réussiront à respecter la limite proposée de 0,62 g/km pour les NO_x. Pour y arriver, les véhicules plus légers devront être équipés de systèmes de recirculation des gaz d'échappement à commande mécanique, tandis que les plus lourds devront posséder des systèmes à commande électronique. Des délais de trois à cinq ans seront nécessaires suivant qu'il faille ou non recourir à des systèmes électroniques qui exigeront plus de temps pour leur mise au point.

Si une norme limitant les émissions de particules à 0,37 g/km était adoptée en même temps que la norme proposée pour les NO_x, la plupart des moteurs diesel pourraient encore les respecter, mais des délais plus longs seraient nécessaires pour mettre au point les systèmes de recirculation des gaz d'échappement à commande électronique et les

techniques d'abaissement des émissions de particules. Il faudra peut-être utiliser des pièges auxiliaires à particules avec les plus gros moteurs. Un délai de cinq ans serait nécessaire.

Si les émissions de particules étaient limitées à 0,12 g/km, il est probable que tous les moteurs diesel, à l'exception des petites cylindrées quatre cylindres, auraient besoin d'un dispositif auxiliaire quelconque pour le piégeage des particules. Un délai minimal de cinq à sept ans serait alors nécessaire.

Les remarques précédentes concernent seulement la faisabilité; reste à savoir si les fabricants décideront de construire des modèles répondant aux normes proposées. La plupart ont fait remarquer que le marché canadien de l'automobile est petit et ne justifie pas qu'on consacre du temps et des ressources considérables à des ajustements spéciaux. Par conséquent, si les normes proposées étaient adoptées, la disponibilité de modèles à moteur diesel dépendrait dans une forte mesure de considérations de marché et des niveaux des normes américaines fédérales et californiennes. Par exemple, GM a annoncé récemment que les gros modèles à moteur diesel ne seraient pas vendus en Californie, car la taille du marché ne justifiait par la mise au point des dispositifs dépolluants nécessaires. À l'heure actuelle, le marché des véhicules à moteur diesel est très faible au Canada (moins de 5 p. 100 des ventes).

Camionnettes

De toutes les modifications proposées qui ont été examinées au cours de l'étude, c'est l'imposition aux camionnettes de normes limitant les émissions de HC, de CO et de NO_x à 1,05, 11,16 et 1,43 g/km qui aurait le moins de répercussions. La plupart des fabricants de camionnettes à moteur à essence emploient déjà une version similaire ou ajustée des systèmes dépolluants conformes à la réglementation fédérale américaine et se serviraient de ces systèmes pour satisfaire aux normes.

Les augmentations du prix de détail seront de l'ordre de 50 \$ pour défrayer l'ajustement des systèmes, qui consistera principalement à accroître le volume des catalyseurs. On ne prévoit aucune répercussion sur la consommation d'essence, l'entretien, la conduisabilité et la durabilité.

Les fabricants de modèles à moteur diesel n'auront à effectuer aucune modification, car le moteur diesel actuel permet de satisfaire aux nouvelles normes.

Des normes plus rigoureuses auraient un effet significatif sur les techniques et les coûts, surtout si elles étaient aussi sévères que pour les véhicules automobiles. En effet, elles seraient alors plus exigeantes que celles qui sont proposées par l'EPA, et les fabricants devraient adopter des systèmes similaires à ceux qui sont employés en Californie.

Autres limites d'émission: automobiles à moteur à essence

À mesure que les normes deviennent plus strictes, les fabricants passent des dispositifs dépolluants non-catalytiques aux systèmes catalytiques d'oxydation ou aux systèmes trifonctionnels américains. À environ 0,93 gramme de HC, 9,3 grammes de CO et 1,24 gramme de NO_x au kilomètre, toutes les voitures, à l'exception des très petites (mini-compactes), seront passées aux systèmes catalytiques. Les coûts plus que les limites techniques établissent ces démarcations. L'injection du carburant en des points multiples à commande électronique ou à commande mécanique en continu, la régulation électronique par ordinateur et les réacteurs thermiques sont des techniques disponibles qui permettraient d'abaisser les émissions. Toutefois, en raison des coûts élevés de ces systèmes et des coûts de mise au point et d'homologation, les dispositifs catalytiques constitueraient une solution plus rentable pour un petit marché comme le Canada.

La démarcation pour le passage aux catalyseurs trifonctionnels serait autour de 0,93 g/km pour les NO_x . Encore là, des techniques pour abaisser les émissions seraient disponibles surtout pour les voitures compactes et sous-compactes, mais, pour des raisons de coûts, la plupart des fabricants devraient opter pour les systèmes trifonctionnels américains.

Autres limites d'émission: automobiles à moteur diesel

Pour ces voitures, le niveau de 0,93 g/km pour les NO_x constitue une démarcation importante. Des limites plus sévères pourraient entraîner l'élimination des grosses voitures à huit cylindres et obliger la plupart des fabricants à mettre au point des systèmes de recirculation des gaz d'échappement à commande électronique pour remplacer les systèmes à commande mécanique. Comme les marchés des voitures diesel en Amérique du Nord sont peu importants, certains fabricants pourraient abandonner complètement les modèles à moteur diesel. Ce niveau représente également une

démarcation pour certains fabricants qui seraient forcés d'utiliser des pièges à particules si des normes pour les particules étaient ajoutées aux normes pour les NO_x .

Autres limites d'émission: camionnettes

À l'origine, si les normes limitant à 1,05, 11,16 et 1,43 g/km les émissions de HC, de CO et de NO_x (1, 7, 18 et 2,3 g/mille) avaient été établies par l'EPA, c'était pour ne pas forcer les constructeurs de camionnettes à recourir aux catalyseurs. Toutefois, beaucoup de fabricants ont quand même décidé d'employer des dispositifs catalytiques. Comme les catalyseurs d'oxydation permettent de réduire beaucoup plus les émissions, les limites pour les camionnettes pourraient être abaissées à environ 0,5, 6,2 et 1,43 g/km respectivement sans que des modifications technologiques importantes soient nécessaires.

Les répercussions de limites plus sévères au Canada qu'aux États-Unis sont évidentes: si les limites fédérales américaines ne sont pas réduites également, la disponibilité des modèles au Canada pourrait être touchée, et beaucoup de fabricants recourraient aux dispositifs dépolluants employés en Californie.

Effets du temps froid sur les émissions

Un certain nombre de stratégies en vue de réduire les émissions par temps froid ont été reconnues, mais aucune d'elles ne représente une solution optimale et même pourrait offrir un avantage suffisant pour qu'on puisse penser à modifier les pratiques actuelles. Ces stratégies sont:

- exiger des essais à basse température;
- modifier la méthode d'essai;
- établir des normes relatives à l'équipement des véhicules;
- établir des essais optionnels par temps froid; et
- exiger l'homologation du système dépolluant pour climat froid.

Effet des modifications de la composition de l'essence sur les émissions

L'EPA et l'industrie automobile s'accordent pour dire que l'additif antidétonant de l'essence, le méthylcyclopentadiénylmanganèse-tricarbonyl (MMT), augmente significativement les émissions d'hydrocarbures. Les auteurs sont d'avis qu'il sera très

difficile aux fabricants d'obtenir l'homologation des véhicules aux limites proposées à moins que la norme pour les hydrocarbures soit assouplie pour compenser les augmentations prévues des émissions d'hydrocarbures. Par ailleurs, le risque de défaillance prématurée des détecteurs d'oxygène avec les essences contenant du MMT préoccupe particulièrement les auteurs. L'étude des effets sur les détecteurs effectuée par le Coordinating Research Council (CRC) n'a porté que sur quelques détecteurs de première génération, mais les résultats indiquaient une défaillance accélérée des détecteurs. Ces résultats ont été obtenus avec un échantillon de sept modèles des années 1977 et 1978 qui tous avaient été réglés pour satisfaire aux normes californiennes. Les progrès techniques réalisés depuis ont peut-être permis d'atténuer le problème. Lorsqu'il y a défaillance prématurée du détecteur d'un dispositif catalytique trifonctionnel, la régulation du courant de retour ne se fait plus. À moins que le système de régulation par micro-ordinateur ait été pré-programmé pour ajuster la richesse du mélange lors des défaillances du détecteur, les émissions de CO seront excessives. Par contre, si le système a été pré-programmé pour fonctionner en mélanges pauvres, ce seront alors les émissions de NO_x qui s'échapperont.

La seule autre préoccupation importante de l'industrie touche la composition des carburants diesel. Mercedes-Benz a notamment fait un long commentaire sur la qualité des carburants diesel et ses répercussions sur les émissions et a présenté un rapport technique à ce sujet. Cette compagnie souhaite une réglementation ou des prescriptions strictes concernant la qualité de ces carburants.

La préoccupation de Mercedes-Benz vient de ce qu'elle prévoit que la demande croissante pour les distillats moyens dans d'autres secteurs que les transports (p. ex., l'industrie chimique) pourrait dépasser la production des carburants diesel et des autres distillats moyens par distillation fractionnée du pétrole brut. Cela pourrait obliger les raffineurs à augmenter les constituants plus lourds des carburants diesel et à produire ceux-ci par craquage (thermique, catalytique, etc.) ou reformage d'autres composantes du pétrole brut. Des études commandées par l'EPA ont indiqué qu'initialement l'emploi des bruts synthétiques tirés des sables pétrolifères et du charbon pourrait être sous forme de mélanges directs (avec hydro-traitement) avec des carburants diesel.

RÉSUMÉ

ANALYSE DES DIFFÉRENCES HISTORIQUES DES PRIX DES VOITURES AU CANADA ET AUX ÉTATS-UNIS*

préparé par

James F. Hickling Management Consultants Ltd.

Environnement Canada examine dans le cadre du programme d'analyse des incidences socio-économiques divers moyens de réduire les émissions produites par les automobiles. Une solution serait d'établir des limites d'émission pour les oxydes d'azote (NO_x), les hydrocarbures (HC) et le monoxyde de carbone (CO) qui ne pourraient être atteintes sans utiliser l'essence sans plomb et un convertisseur catalytique trifonctionnel. À l'heure actuelle, la loi canadienne ne prescrit pas l'emploi de tels convertisseurs, mais certaines voitures importées au Canada en sont quand même équipées.

Sont présentés dans ce rapport les résultats d'une analyse des prix canadiens et américains entre 1967 et 1982 des voitures nord-américaines et importées. On a cherché à déterminer s'il existait une différence historique entre le prix des voitures équipées de convertisseurs trifonctionnels et celui des voitures munies de dispositifs dépolluants moins perfectionnés et l'influence possible des modifications des normes d'émission sur les différences de prix des véhicules au Canada et aux États-Unis. Comme au Canada les normes d'émission sont moins sévères et les dispositifs dépolluants plus simples, les véhicules canadiens devraient théoriquement coûter moins cher que les mêmes véhicules aux États-Unis. Pour vérifier cette hypothèse, une base de données sur les prix de véhicules représentatifs nord-américains, importés et de luxe a été constituée. À l'aide de cette base de données, on a ensuite contrôlé statistiquement les différences de prix et la relation entre ces différences et des variables économiques et réglementaires (normes).

Les dix plus importants véhicules fabriqués en Amérique du Nord ont été choisis pour représenter le véhicule nord-américain typique, tandis que les véhicules importés étaient représentés par Nissan, Honda, Toyota, Volkswagen, Renault et Fiat. Les voitures de luxe considérées sont les Cadillac, Lincoln, Imperial, Cressida et Audi. Les principaux facteurs examinés sont:

- le prix des voitures neuves;
- le taux de change;
- l'indice des prix de production des automobiles;
- le prix de détail de l'essence.

*MAS, contrat n° KE145-2-0345, mars 1983

Des sources canadiennes et américaines de données ont été consultées.

Les analyses des séries chronologiques ont révélé une nette réduction graduelle du prix relatif des voitures au Canada par rapport aux États-Unis (figures A, B et C). Avant 1977, les voitures coûtaient en moyenne 15 p. 100 de plus au Canada. La différence était de 15 p. 100 dans le cas des voitures nord-américaines ordinaires, un peu plus faible (10 à 15 p. 100) pour les voitures importées (déterminée par les séries chronologiques tronquées) et plus élevée (15 à 20 p. 100) pour les voitures de luxe.

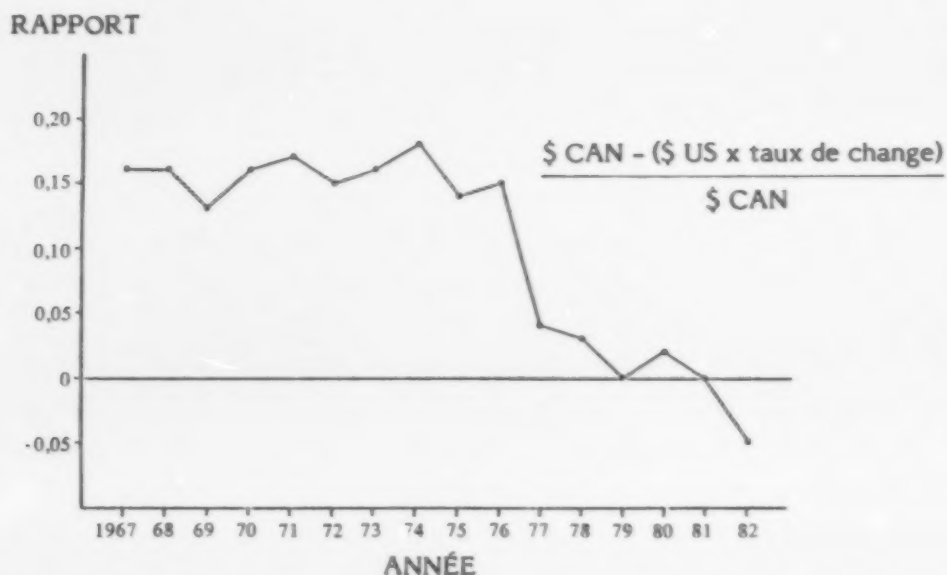


FIGURE A DIFFÉRENCE DES PRIX CANADIENS ET AMÉRICAINS PAR RAPPORT AUX PRIX CANADIENS POUR LES DIX PLUS IMPORTANTS MODÈLES NORD-AMÉRICAINS (moyenne)

Après 1977, les rapports ont changé considérablement, et en 1982 le prix de vente de beaucoup de voitures était plus faible au Canada qu'aux États-Unis. Audi fait notablement exception, ayant maintenu des prix de 25 p. 100 plus élevés au Canada.

Des analyses de régression des prix par rapport à plusieurs variables économiques explicatrices possibles ont été réalisées. Ces variables sont:

- les taux de change (du \$ US et du yen);
- le prix relatif de l'essence aux États-Unis;
- l'indice relatif des prix de production aux États-Unis.

RAPPORT

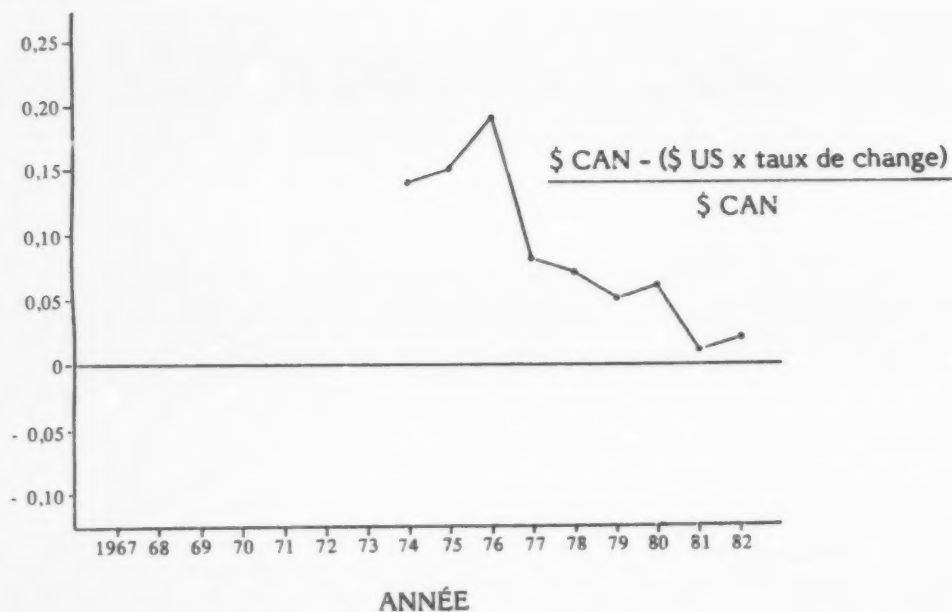


FIGURE B DIFFÉRENCE DES PRIX CANADIENS ET AMÉRICAINS MOYENS
DES VOITURES IMPORTÉES PAR RAPPORT AUX PRIX CANADIENS

RAPPORT

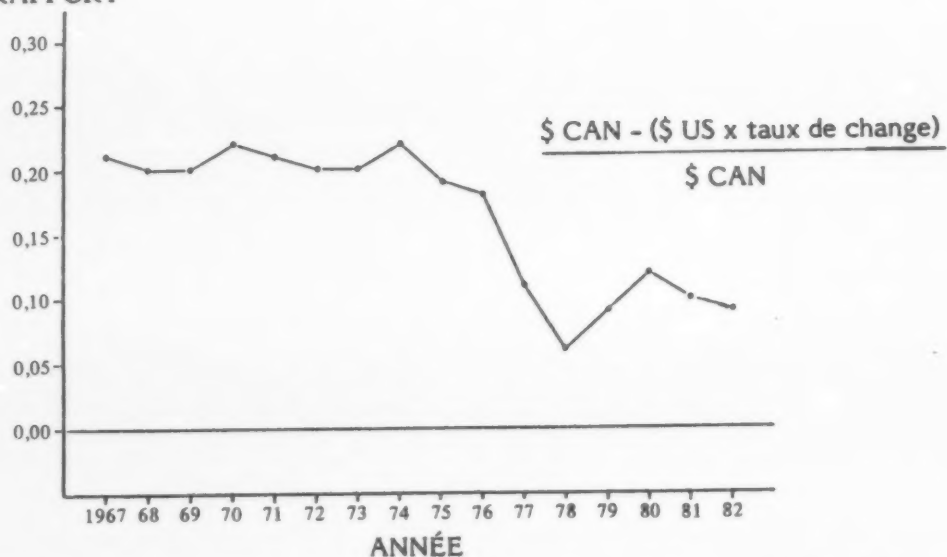


FIGURE C DIFFÉRENCE DES PRIX CANADIENS ET AMÉRICAINS DES
VOITURES DE LUXE PAR RAPPORT AUX PRIX CANADIENS
(moyenne)

Le seul paramètre pour lequel il y avait une relation prononcée avec les changements de prix est le taux de change. On a observé une corrélation négative entre le cours du dollar US et du yen et les différences des prix, ce qui indique qu'au fur et à mesure que le dollar canadien s'affaiblissait par rapport au dollar US et au yen japonais, le prix des voitures au Canada diminuait par rapport au prix aux États-Unis.

Comme la baisse graduelle des prix canadiens par rapport aux prix américains a commencé en 1977, lorsque s'est produite la première dévaluation importante du dollar canadien, il est évident qu'elle n'est pas reliée à la différence des normes d'émission dans les deux pays. Ces normes ont été un peu plus souples au Canada jusqu'en 1975, année où des normes beaucoup plus sévères ont été adoptées aux États-Unis. Théoriquement, cela aurait dû faire baisser les prix au Canada, mais ce ne fut pas le cas. Les prix sont demeurés stables (15 p. 100 supérieurs au Canada) jusqu'à la dévaluation du dollar canadien en 1977.

On peut donc conclure que:

- la corrélation est élevée entre les taux de change et les variations relatives des prix des voitures; et
- les modifications des normes d'émission n'ont pas influé de façon perceptible sur les différences moyennes des prix au Canada et aux États-Unis.

RÉSUMÉ

LES NORMES PROPOSÉES LIMITANT LES ÉMISSIONS DES VÉHICULES À MOTEUR ET LEURS INCIDENCES SUR LA QUALITÉ DE L'AIR*

Concord Scientific Corporation
Downsview (Ontario)

Les modifications proposées aux normes canadiennes limitant les émissions des véhicules à moteur peuvent diminuer les teneurs en polluants dans l'air. Une analyse des incidences possibles des normes proposées sur la qualité de l'air en milieu urbain a été effectuée. Dans le cadre de cette analyse on a fait une étude statistique de la qualité de l'air dans des régions urbaines choisies afin de déterminer l'évolution des différentes teneurs en monoxyde de carbone (CO), en dioxyde d'azote (NO₂), en ozone (O₃), en hydrocarbures totaux (HT) et en particules totales en suspension (PTS). On a aussi dressé l'inventaire des émissions de monoxyde de carbone, d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils et établi des prévisions annuelles des émissions des véhicules à moteur jusqu'à l'an 2000 à l'aide de facteurs d'émission spécifiques et en tenant compte de divers scénarios de croissance des sources. Cette analyse permettra de broser un tableau de l'évolution de la qualité de l'air dans les régions urbaines choisies.

Choix des villes

Toronto, Montréal, Vancouver et Edmonton ont été choisies parmi six autres villes canadiennes. Le choix a été fondé sur l'importance de la population, des ventes au détail de l'essence et du parc automobile, de chaque ville ainsi que sur la situation géographique et l'aspect démographique national. On a aussi tenu compte des données disponibles sur la qualité de l'air (CO, NO₂, O₃, HT, et PTS) de l'inventaire des émissions de polluants et d'une étude de la qualité de l'air effectuée en 1981.

Les populations réunies des quatre villes choisies représentent 31,7 p. 100 de la population canadienne, les ventes d'essence et de carburant diesel, comptent pour 22,6 p. 100 et 18,2 p. 100 respectivement du total national. Les villes sont bien réparties du point de vue géographique et l'on y trouve le plus grand nombre de données pertinentes sur la qualité de l'air.

* MAS, contrat n° KE145-3-0031, mars 1984.

Données disponibles

Les données qui ont servi à l'étude des tendances de la qualité de l'air ont été obtenues des sources suivantes:

- Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (NSPA), d'Environnement Canada
- Ministère de l'Environnement de l'Ontario
- Ministère de l'Environnement de l'Alberta
- Archives de données atmosphériques relatives aux oxydants, tenues à Montréal et à Vancouver

Les données provenant des trois premières sources ont été soumises à un procédé de sélection pour éliminer celles qui étaient aberrantes. Les archives portant sur les oxydants comprennent des données obtenues initialement du district régional du Grand Vancouver, de la base de données du réseau NSPA et de la communauté urbaine de Montréal; les données aberrantes y avaient déjà été éliminées.

Les données suivantes ont été mises à notre disposition: 1) teneurs en particules totales en suspension à partir de 1970 pour Toronto, Vancouver et Edmonton et de 1971 pour Montréal; 2) teneurs en monoxyde de carbone (CO) à partir de 1970, 1971, 1975 et 1976 pour Toronto, Edmonton, Vancouver et Montréal, respectivement; 3) teneurs en ozone (O₃) et en dioxyde d'azote (NO₂) à partir de 1974 pour Toronto, de 1978 pour Vancouver, de 1979 pour Montréal, et de 1978 dans le cas de l'ozone et de 1975 dans le cas du dioxyde d'azote pour Edmonton. En ce qui concerne les HT, des données valables ont été obtenues seulement pour Toronto (à partir de 1971) et Edmonton (à partir de 1974).

Les stations d'échantillonnage de chaque ville ont été classées par secteurs résidentiels et non résidentiels d'après la description de leur emplacement établie pour le réseau NSPA ou d'après les renseignements fournis par les autorités municipales ou provinciales compétentes.

Évolution de la qualité de l'air

Les données horaires ou journalières (24 h) dans le cas des PTS, ont été utilisées pour le calcul des valeurs ci-dessous qui représentent les groupes de stations des secteurs résidentiels et non résidentiels ainsi que l'ensemble des stations de chaque ville:

- Moyennes mensuelles et annuelles composées
- Épisodes de dépassement des teneurs maximales fixées comme objectifs de qualité de l'air

- Teneurs moyennes quotidiennes correspondant à divers percentiles de la distribution des moyennes quotidiennes sur une base annuelle.

Les données pour chaque polluant et chaque ville sont présentées dans les trois graphiques suivants pour chacun des trois groupes de stations:

- Moyennes annuelles composées
- Distribution annuelle des moyennes quotidiennes
- Moyennes mensuelles composées

L'examen des graphiques et des tableaux de données a permis d'établir l'évolution générale de chaque polluant, les tendances cycliques à plus long terme (à une échelle mensuelle ou annuelle) de la teneur en polluants, l'évolution générale de la qualité de l'air dans chaque ville ainsi que des comparaisons entre les stations des secteurs résidentiels et non résidentiels.

Particules totales en suspension. L'évolution générale se traduit par une diminution à Toronto, Montréal et Vancouver, et une augmentation à Edmonton. Les teneurs ont été généralement moins élevées les mois où le temps est plus frais, particulièrement à Edmonton.

À Vancouver, au cours des huit dernières années, près de 10 p. 100 des moyennes de 24 h pour les PTS ont dépassé la moyenne maximale acceptable de 24 h fixée comme objectif de qualité de l'air pour ce paramètre, comparativement à près de 25 p. 100 à Edmonton. À Toronto et Montréal, la concentration maximale a été dépassée dans 10 et 25 p. 100 des cas respectivement.

Monoxyde de carbone. On n'a constaté nulle part aucune évolution importante. À Toronto cependant, on a noté une tendance à la baisse des teneurs moyennes en CO d'environ 0,2 ppm par année, en raison d'une forte réduction des teneurs entre 1974 et 1976. De 1976 à 1981, les teneurs en CO ont été similaires à Toronto, Montréal et Vancouver, mais un peu plus élevées à Edmonton.

Dioxyde d'azote. Dans l'ensemble, les teneurs ont diminué à Montréal, Toronto et Edmonton, mais ont augmenté à Vancouver. Généralement, elles ont été plus élevées à Edmonton et plus faibles à Vancouver: les moyennes annuelles composées (toutes les stations) y ont varié respectivement entre 30 et 40 ppb (10^{-9}) et entre 20 et 24 ppb. Les teneurs en NO₂ ont été plus élevées pendant les mois de temps froid à Edmonton (surtout) et à Montréal.

Ozone. Les données ont surtout permis de constater des épisodes bien précis de teneurs plus élevées entre mai et juillet, et plus faibles entre octobre et décembre de

chaque année. Ces épisodes correspondent aux variations mensuelles de l'intensité du rayonnement solaire et s'expliquent par la théorie photochimique de la formation de l'ozone.

Les moyennes annuelles composées (données de toutes les stations) varient un peu entre les villes. Cependant, dans les quatre, la moyenne maximale acceptable fixée comme objectif de qualité de l'air, soit 82 ppb (10^{-9}) pour une période d'une heure, a été régulièrement dépassée. La moyenne acceptable pour une période de 24 h, soit 25 ppb, a également été dépassée presque chaque année au moins un jour sur dix aux quatre endroits.

La moyenne maximale tolérable pour une période d'une heure, soit 153 ppb, a été dépassée à Toronto (une fois l'an en 1974, 1975 et 1979), à Vancouver (88 fois au total de 1978 à 1981) et à Edmonton (une fois en 1979).

Hydrocarbures totaux. Les données pour Toronto et Edmonton ont été analysées, mais on n'a pu constater aucune tendance à la hausse ou à la baisse. À Edmonton, les concentrations ont été plus élevées et plus variables qu'à Toronto, mais aucun phénomène cyclique n'a été observé.

Évolution générale des polluants dans chaque ville

L'évolution la plus régulière a été constatée à Toronto où la qualité de l'air s'est améliorée, et pour presque tous les polluants, quel que soit le groupe de stations, la pente de la courbe de régression de la moyenne annuelle composée en fonction du temps est négative. Dans les trois autres villes, l'évolution varie selon les polluants. À Montréal et à Vancouver, pour tous les groupes de stations, les teneurs en NO_2 et en PTS sont à la baisse tandis qu'à Edmonton, elles sont à la hausse seulement dans le cas des PTS (pour tous les groupes de stations).

Aux stations des secteurs résidentiels, la qualité de l'air a été généralement moins bonne qu'aux stations des secteurs non résidentiels, sauf, fait à remarquer, pour l'ozone, dont la concentration a été plus faible aux stations des secteurs non résidentiels, fort probablement à cause de l'action de l'oxyde nitrique.

Inventaires d'émissions

Les inventaires d'émissions ont permis de produire des tableaux des émissions de CO , de NO_x et de composés organiques volatils (COV) dans les quatre villes. Ils fournissent également des données sur les COV par classe de composés chimiques.

L'importance relative des émissions provenant des véhicules légers dépend à la fois du composé et de la ville. Le tableau suivant indique, pour 1978, la fraction des émissions totales qui ont été produites par les véhicules légers.

Composés	Edmonton	Montréal	Toronto	Vancouver
CO	0,48	0,67	0,68	0,58
NO _x	0,18	0,28	0,27	0,34
COV	0,27	0,27	0,40	0,38

Évolution future

On a fait une très simple projection des émissions prévues pour la période s'étendant de 1980 à l'an 2000. Quatre taux d'augmentation (0,5, 1,0, 1,5 et 2,0 p. 100 par année) ont été appliqués uniformément à l'utilisation des véhicules légers et aux émissions provenant de tous les autres secteurs. On a également tenu compte, avec les taux d'augmentation de l'utilisation des véhicules légers, des facteurs d'émission appropriés prévus pour les prochaines années. La valeur de ces facteurs devrait diminuer d'ici 1990 avec l'élimination graduelle des véhicules plus anciens ne satisfaisant pas aux normes et devrait demeurer constante par la suite (sous réserve que les normes d'émission actuelles soient maintenues). En conséquence, dans un grand nombre de cas, les émissions totales diminueront jusqu'en 1990 environ, puis augmenteront.

L'ordre de grandeur relatif des diminutions et des augmentations subséquentes des émissions varie pour chaque ville. Au point de vue qualitatif, on prévoit que la concentration des composés suivants dans l'air ambiant augmentera au cours des dix prochaines années environ:

À Edmonton: NO_x, HT

À Montréal: NO_x, HT, O₃

À Toronto: NO_x

À Vancouver: HT, O₃

Bien que l'on s'attende pour chaque polluant à une diminution de la fraction des émissions totales attribuable aux véhicules légers, ces véhicules contribueront encore de façon importante à la pollution de l'atmosphère. C'est particulièrement vrai pour les COV, car la très grande réactivité des émissions provenant des véhicules automobiles accentue leurs effets.

RÉSUMÉ

EXAMEN DES MÉTHODES PERMETTANT D'ÉVALUER LES AVANTAGES DE L'ABAISSEMENT DES ÉMISSIONS DES GAZ D'ÉCHAPPEMENT DES VÉHICULES LÉGERS*

préparé par

F. Pilorusso et J.G. Shaw, Pilorusso Associates Inc.
P.A. Victor, Victor & Burrell Research and Consulting
E. Hanna, J.E. Hanna Associates Inc.

Nous avons examiné, pour le compte d'Environnement Canada, les méthodes permettant d'évaluer les avantages financiers qu'on pourrait retirer de l'abaissement des émissions des gaz d'échappement par les véhicules légers. Cet abaissement permettrait de réduire le nombre de cas où les teneurs ambiantes en monoxyde de carbone (CO), oxydes d'azote (NO_x) et ozone (O₃) sont plus élevées que les Objectifs nationaux de qualité de l'air ambiant et de réduire le dépôt de nitrates et d'acide nitrique. Les avantages prévus pourraient se traduire, par exemple, par une incidence réduite des maladies pulmonaires, un accroissement du rendement des cultures et une diminution du nombre de jours de faible visibilité. L'évaluation financière de ces avantages permettrait de les exprimer globalement par un terme commun, c'est-à-dire en dollars.

Les méfaits possibles des émissions des véhicules légers ont fait l'objet d'un rapport distinct, préparé pour le compte d'Environnement Canada (Kolomeychuk et coll., 1983). Ils peuvent être classés dans les catégories suivantes:

- 1) effets sur la santé de l'homme tels que l'accroissement de l'incidence de symptômes et malaises (gêne respiratoire, toux, maux de tête, douleurs à la gorge, irritation des yeux, souffle court); l'aggravation des maladies pulmonaires (asthme, bronchite, emphysème, par exemple); et les maladies cardio-vasculaires (accroissement de la probabilité de crise cardiaque);
- 2) modifications du métabolisme, de la croissance et de la composition des forêts; production forestière réduite;
- 3) abaissement du rendement des cultures et de la valeur des récoltes;
- 4) acidification des eaux douces par l'acide nitrique (HNO₃) pendant la fonte printanière du manteau nival renfermant des nitrates;

* Rapport préparé en vertu du contrat n° KE145-2-0831, passé avec le MAS, en mars 1983.

- 5) dommage aux matériaux fabriqués par l'homme (par exemple, fanage des colorants des tissus, jaunissement des tissus blancs, craquèlement des ressorts faits d'un alliage de nickel et de laiton, fissuration du flanc des pneus); et
- 6) réduction de la visibilité par le dioxyde d'azote (NO_2) et les fines particules de nitrates.

À défaut de connaissances scientifiques et de données, il a été impossible, dans le cadre de notre mandat, d'estimer la valeur en argent des avantages potentiels, quels qu'ils soient, qu'il y aurait à diminuer les émissions des véhicules légers.

La recherche et la saisie des données se sont limitées à l'obtention de renseignements sur l'état des connaissances sur le sujet, dans les publications consultables.

Le présent rapport s'est attaché surtout à deux catégories d'avantages qui sont plus facilement quantifiables que d'autres, à savoir ceux qui sont liés à la santé et aux récoltes.

Santé

La santé de tous les humains peut souffrir à un degré ou à un autre de l'exposition à des teneurs ambiantes en CO , NO_x et O_3 qui excèdent les Objectifs nationaux de qualité de l'air ambiant. C'est surtout dans les grandes villes qu'elles dépassent les Objectifs; les citoyens sont donc plus exposés que les ruraux.

Certains segments de la population sont plus menacés que l'ensemble de cette dernière. Au tableau S.1 figurent les effectifs et les segments de la population menacés de quatre grandes villes du pays.

L'incidence des effets nocifs pour la santé dépend de la nature du polluant, de la vulnérabilité de la population exposée et de la dose d'exposition, la dose étant déterminée par la teneur en polluant, le rythme d'absorption ainsi que la durée de l'exposition. À supposer qu'on connaisse bien les teneurs ambiantes en polluants, la détermination de la dose d'exposition se réduit à corréler les teneurs dans les locaux et les teneurs à l'extérieur et à répartir grosso modo les formes de l'activité humaine selon le temps passé à l'intérieur et à l'extérieur.

La principale exposition aux polluants atmosphériques a lieu à l'intérieur, où la plupart des Européens, des Américains et probablement des Canadiens passent plus de 90 p. 100 de leur temps. Les principaux facteurs de la qualité de l'air des locaux sont les teneurs en polluants atmosphériques à l'extérieur, les sources de polluants à l'intérieur et leur intensité, le taux d'échange d'air entre les locaux et l'extérieur et la vitesse de transfert des polluants dans les "réservoirs environnementaux".

Le modèle GEOMET semble, parmi tous ceux qu'on a examinés, celui qui permet le mieux de prévoir la qualité de l'air des locaux, à condition qu'on dispose suffisamment de temps pour l'étalonner en fonction des conditions qui existent au Canada et qu'on obtienne des données pour caractériser les teneurs en polluants à l'extérieur, le parc immobilier et les sources de polluants à l'intérieur (Moschandreas et Stark, 1978).

TABLEAU S.1 POPULATIONS VULNÉRABLES, 1981

Population menacée	Ville				
	Edmonton	Montréal	Toronto	Vancouver	Canada
Population totale	657 057	2 828 349	2 998 947	1 268 183	24 343 180
Enfants de moins de 15 ans	73 280	279 850	307 230	120 430	5 481 105
Souffrant de troubles cardio-vasculaires	16 870	63 940	77 560	33 690	606 170
Souffrant de maladies pulmonaires aiguës	22 340	96 160	101 960	43 120	827 668
Souffrant de bronchite et d'emphysème	15 770	67 880	71 970	30 440	584 236
Souffrant d'asthme	15 770	67 880	71 970	30 440	584 236
Anémiques	11 830	50 910	53 980	22 830	438 177
Femmes enceintes	6 804	22 115	23 933	11 015	203 678
Nouveau-nés	12 550	41 860	42 590	19 150	372 451

Les modèles permettant de prédire l'exposition des personnes sont de deux types: ceux basés sur des individus représentatifs et les modèles d'ambiances représentatives. Ceux du premier type sont préférables pour estimer l'exposition cumulative, tandis que ceux du second type exigent des données de départ qui sont généralement plus faciles à obtenir. Les modèles numériques n'ont pas encore beaucoup servi à caractériser l'exposition des individus d'une population, à cause de données limitées et de contraintes économiques.

L'évaluation économique des effets sur la santé a été tentée de deux façons principales:

- 1) comptabilisation des extrants: la valeur des extrants perdus et des ressources inutilisées à cause de la mortalité, de maladies ou de blessures; et
- 2) comptabilisation du bien-être: la valeur des ressources dont les individus s'abstiendraient (accepteraient) afin de réduire (augmenter) le risque de mortalité, de maladies ou de blessures, s'ils en avaient la possibilité.

La comptabilisation du bien-être est généralement considérée comme la méthode dont la théorie est la plus solide. Toutefois, des difficultés pratiques en limitent l'utilité pour l'évaluation des répercussions sur la santé: la première difficulté est que peu d'études empiriques fondées sur la méthode ont été publiées, et parmi celles-ci, une seule canadienne; la seconde est que la plupart des études de comptabilisation du bien-être se rapportent à la mortalité, tandis que la morbidité est l'élément important lorsqu'il s'agit de gaz d'échappement. Malgré l'attrait théorique de la méthode, il a fallu se rabattre sur la comptabilisation des extrants.

Au tableau S.2, on donne des estimations préliminaires des coûts des traitements médicaux de cas individuels de maladies qui peuvent être causées par l'exposition au CO, aux NO_x et à l'O₃. Les valeurs données comprennent les coûts directs d'hospitalisation (s'il y a lieu), ceux des honoraires médicaux, ceux des médicaments d'ordonnance et ceux des diagnostics.

Parmi les autres catégories de coûts qu'on peut estimer avec une certaine exactitude, mentionnons la valeur du temps perdu par les employés, mais payé, ainsi que la valeur du travail domestique perdu. La somme de ces coûts et des coûts médicaux n'atteint pas les valeurs obtenues par comptabilisation du bien-être car elle ne comprend pas les impondérables tels que la valeur attribuable à la souffrance et à la douleur. Toutefois, les estimations obtenues par comptabilisation des extrants peuvent être considérées comme une limite inférieure des valeurs obtenues par comptabilisation du bien-être.

L'étape suivante de la quantification des effets sur la santé serait d'estimer la diminution de l'incidence des maladies qui peut résulter de la mise en vigueur du projet

TABLEAU S.2 COÛTS MÉDICAUX ESTIMATIFS EN 1983 (en dollars)

Substance et effet	Code ICD9	Coût individuel des traitements hospitaliers		Coût individuel des traitements non-hospitaliers	
		Homme	Femme	Homme	Femme
Monoxyde de carbone (CO)					
1. Infarctus du myocarde (crise cardiaque)	410	1 736	1 709	63	56
2. Aggravation de l'angine de poitrine (douleurs aiguës causées par une irrigation sanguine insuffisante)	413	1 400	1 385	64	59
3. Claudication intermittente (douleurs à la jambe ou boîtement épisodique dus à une irrigation sanguine insuffisante)	411	1 305	1 322	58	68
4. Vigilance perturbée (visuelle, auditive, temps de réaction, estimation de la durée, etc.)	781	1 113	1 109	45	44
5. Effets sur le développement foetal (poids réduit à la naissance, accroissement de la mortalité périnatale et gain réduit du poids chez les nouveau-nés; difficulté d'apprentissage et diminution des aptitudes générales dans l'enfance)	319 635 646 647 648 653 654	1 650 S.O. S.O. S.O. S.O. S.O. S.O.	1 768 1 070 889 1 490 1 619 1 559 1 562	76 S.O. S.O. S.O. S.O. S.O. S.O.	103 115 36 * 72 102 67
Dioxyde d'azote (NO ₂)					
6. Incidence accrue des maladies pulmonaires	460 466	966 1 001	961 995	34 41	34 40
7. Aggravation des maladies pulmonaires (attaques d'asthme, de bronchite ou d'emphysème)	490 491 492 493	 1 305 1 200	1 253 1 266 1 305 1 273	42 52 62 87	41 46 65 86

Substance et effet	Code ICD9	Coût individuel des traitements hospitaliers		Coût individuel des traitements non-hospitaliers	
		Homme	Femme	Homme	Femme
8. Fonctionnement pulmonaire perturbé et incidence plausible de symptômes respiratoires (gêne respiratoire, toux, souffle court)	443	1 318	1 278	54	47
	478	2 023	2 014	40	38
Ozone (O ₃)					
9. Incidence accrue des symptômes d'oppression et des symptômes respiratoires (gêne respiratoire, toux, maux de tête, douleurs à la gorge, irritation des yeux et souffle court)	379	1 641	1 612	47	47
	443	1 318	1 278	54	47
	478	2 023	2 014	40	38
10. Aggravation des maladies pulmonaires (même chose que pour NO ₂)	490	1 266	1 253	42	41
	491	1 279	1 266	52	46
	492	1 317	1 305	62	65
11. Résistance réduite à l'infection	493	1 260	1 273	87	86
	460	966	961	34	34
	466	1 001	995	41	40
	480	1 532	1 531	43	38
	487	1 004	1 099	38	38

S.O.: Sans objet

* Aucune donnée

de normes concernant l'émission des gaz d'échappement par les véhicules légers. À cette fin, deux types de données sont nécessaires:

- 1) pour chaque effet nocif, les fonctions représentant la réponse en fonction de la dose, (c'est-à-dire la relation mathématique entre la dose d'un polluant à laquelle est soumise une personne et la probabilité que cette personne subira un effet nocif donné); et
- 2) les estimations des répercussions du projet de normes sur le nombre de cas où les teneurs en CO, NO_x et O₃ excèdent les Objectifs nationaux de qualité de l'air ambiant, la valeur de ces teneurs et la durée des épisodes.

Au moment de la rédaction du rapport, les fonctions représentant la relation entre la dose et l'effet ainsi que les données relatives à la qualité de l'air requises pour procéder à une analyse quantitative n'étaient pas disponibles.

Cultures

Au Canada, durant la saison de croissance, deux grandes régions agricoles sont soumises à des teneurs moyennes en ozone, supérieures au seuil où se manifestent des dommages aux cultures: (1) le sud-ouest de l'Ontario et du Québec, dans l'axe Windsor-Québec; (2) la région de Vancouver et la vallée du bas-Fraser.

On ne connaît pas la mesure dans laquelle la teneur moyenne en ozone durant la saison de croissance s'abaissera si les normes proposées sont mises en vigueur. On a estimé que les dommages aux cultures causés par l'ozone, en Ontario, s'élèvent en moyenne à 15 millions de dollars par année, et varient entre 9 et 23 millions de dollars; mais rien ne permet d'estimer quelle proportion est attribuable aux gaz d'échappement des véhicules légers.

La valeur totale des récoltes menacées par l'ozone dans la vallée du Fraser et au Québec est respectivement de 37 et de 566 millions de dollars. On ne possède aucune estimation de l'ensemble des dommages attribuables à l'ozone ou de la proportion des dommages attribuables aux gaz d'échappement des véhicules légers, dans ces régions.

Forêts

Les pertes de la productivité forestière causées par les teneurs élevées en ozone pourraient être élevées. Toutefois, on possède peu de données sur les teneurs en ozone dans les régions non urbaines ou sur les pertes détaillées de la productivité forestière. Il est donc impossible d'en tirer des corrélations entre la réponse et la dose ou de délimiter précisément les superficies forestières menacées.

Acidification à court terme des eaux douces

On possède des renseignements sur l'effet de l'acidification à court terme des eaux douces par l'acide nitrique au cours de la fonte de la neige qui recèle des nitrates. Toutefois, on n'en possède pas qui permettraient de mesurer les effets (par exemple, le nombre et la superficie des étendues d'eau douce touchées, les modifications de l'acidité, les types et les effectifs des organismes menacés et les relations dose-réponse).

Matériaux fabriqués par l'homme

Les effets nuisibles du NO_2 sur les tissus (fanage des colorants pour un certain nombre de tissus et de combinaisons de couleur et jaunissement de certains tissus blancs) sont bien connus, mais l'ampleur des pertes économiques dues à l'exposition au NO_2 n'est pas bien déterminée. Les deux principales difficultés qu'on rencontre lorsqu'on cherche à mesurer ces effets sont que les expériences en laboratoire ne sont pas représentatives de l'exposition réelle et que les effets dus au NO_2 n'ont pas encore été bien distingués des effets de la température, de l'humidité et d'autres polluants.

Il est avéré que l'azote peut modifier la vitesse d'oxydation des métaux et des alliages, mais une corrélation directe entre les concentrations des NO_x ou de NO_3 dans l'air ambiant et la corrosion n'a pas encore été établie. D'autres recherches sont donc requises pour mesurer cet effet.

Les coûts économiques des dommages causés aux pneus par l'ozone sont surtout constitués par les coûts des agents anti-ozone qu'il faut ajouter aux élastomères du flanc des pneus. On peut déterminer dans quelle mesure la réduction des gaz d'échappement des véhicules légers pourrait se traduire par une réduction des teneurs en ozone de l'air ambiant et par conséquent par une réduction de l'utilisation des agents anti-ozone, ce qui fait qu'on peut en déterminer la valeur en argent. Toutefois, il est peu probable qu'on utilisera moins de ces agents dans les pneus si on met en vigueur les normes proposées.

Visibilité

En général, on utilise deux méthodes d'évaluation économique de la visibilité: l'étude de la valeur des propriétés et les sondages fondés sur la technique des enchères itératives. La seule façon de distinguer la valeur liée à une amélioration de la visibilité des autres avantages d'une réduction de la pollution atmosphérique tels que la réduction des risques pour la santé réside dans les enchères itératives.

Le nombre d'études publiées sur les enchères itératives et dans lesquelles on tente d'évaluer la visibilité est très petit. À notre connaissance, aucune n'a été réalisée au Canada et seules une demi-douzaine ont été réalisées pour diverses régions des États-Unis. Même si elles ne sont pas particulièrement pertinentes pour le Canada, les études américaines montrent que, (selon la région considérée, l'accroissement prévu de la visibilité et un certain nombre d'autres facteurs) chaque résident peut consentir à déboursier de 43 à 245 \$ par année.

RÉFÉRENCES

- 1) Kolomeychuk et coll., "Effects of Automotive Emissions", préparé pour le Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, 1983, (non publié).
- 2) Moschandreas, D.J. et Stark, J.W.C., The GEOMET Indoor-Outdoor Air Pollution Model, EPA-600/7-78-106, 1978.

RÉSUMÉ

COMPARAISON DE LA CONSOMMATION D'ESSENCE DES VOITURES AUX ÉTATS-UNIS ET AU CANADA (1980 à 1983)*

préparé par

James F. Hickling Management Consultants Ltd.

Cette étude commandée par Environnement Canada visait à estimer la différence de consommation d'essence entre des véhicules canadiens et américains similaires. Elle a porté sur des modèles de 1980, 1981, 1982 et 1983.

Les données sont tirées des guides sur la consommation d'essence publiés par Transports Canada et l'U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Les méthodes employées au Canada et aux États-Unis pour estimer la consommation en ville et sur route sont identiques. Une valeur combinée, pondérée en faveur du parcours urbain, a également été calculée. Ces données diffèrent normalement des valeurs qui seraient obtenues en conditions réelles, mais représentent des mesures exactes de la consommation relative d'essence et sont acceptables aux fins des comparaisons.

Deux fichiers de données ont été établis:

- a) Tous les véhicules canadiens de 1980 à 1983 homologués pour l'essence renfermant du plomb et les véhicules américains correspondants homologués pour l'essence sans plomb.
- b) Un échantillon de voitures canadiennes de 1980 à 1983 homologuées pour l'essence sans plomb et les voitures américaines correspondantes homologuées pour l'essence sans plomb.

Les véhicules canadiens et américains ont été appariés en fonction du modèle, de la grosseur du moteur et de la transmission. Lorsque plus d'une masse d'inertie à l'essai était indiquée, le véhicule le plus léger d'après les données de l'EPA a été choisi. Lorsque plus d'un rapport de pont ou plus d'un niveau d'émission était donné, on a calculé la moyenne arithmétique des résultats de l'EPA pour l'économie d'essence. Lorsque c'était possible, un véhicule américain sans application de charge pour la climatisation à la simulation a été apparié à son équivalent canadien. Dans quelques cas, le véhicule américain était pourvu d'un dispositif de carburation différent de celui du véhicule canadien (p. ex., un dispositif d'injection d'essence au lieu d'un carburateur ordinaire).

*MAS, contrat n° KE145-2-0900, mars 1983

Les données ont été comparées et à l'aide d'une méthode statistique on a réussi à déterminer les différences significatives entre les véhicules canadiens et américains compte tenu du fabricant, de la masse et du dispositif dépolluant.

D'après les résultats,

- les véhicules américains consomment moins d'essence aux cycles urbains et combinés (1,9 à 4,9 p. 100) que les véhicules canadiens employant de l'essence ordinaire;
- les véhicules canadiens des modèles 1980 et 1982 consommaient un peu moins d'essence lors des tests pour les conditions urbaines que leurs équivalents américains, mais il n'y avait aucune différence statistique pour les modèles des autres années et les autres tests;
- dans les catégories plus légères, la consommation d'essence du groupe des véhicules canadiens à essence ordinaire tendait à être plus élevée que celle des véhicules américains, tandis que dans la catégorie des véhicules plus lourds, c'était le contraire.
- il n'y a aucune tendance importante reliée à la masse dans l'échantillon de véhicules canadiens fonctionnant à l'essence sans plomb;
- la différence de consommation d'essence entre des véhicules canadiens et américains varie considérablement pour des véhicules comparables produits par divers fabricants dans les deux groupes à essence ordinaire et à essence sans plomb;
- le type de dispositif dépolluant dont sont équipés les véhicules américains n'a pas influé de façon notable sur les différences de consommation d'essence, même si l'on a observé une tendance soutenue pour les véhicules dotés des dispositifs catalytiques trifonctionnels américains à obtenir une consommation relativement meilleure par rapport aux véhicules canadiens à essence ordinaire que les véhicules équipés de dispositifs d'oxydation américains.

RÉSUMÉ

COÛTS, POUR LES RAFFINEURS, DU RETRAIT DU MMT ET DE LA RÉDUCTION DES VENTES D'ESSENCE AU PLOMB*

préparé par

MONENCO Limited

L'objet de l'étude était d'estimer les immobilisations et les frais d'exploitation supplémentaires qu'auraient à payer les raffineurs si l'antidétonant MMT (méthylcyclopentadiénylmanganèse-tricarbonyle) était retiré du marché et si le pourcentage des ventes d'essence au plomb tombait de 30 à 10 %. Ces modifications sont considérées comme les plus brutales qu'aurait, sur l'industrie du raffinage au Canada, l'adoption des normes américaines de 1981 concernant les émissions de polluants par les véhicules automobiles.

Nous avons utilisé la demande de produits, les disponibilités en brut et la gamme de produits envisagée pour 1990 par Hycarb Engineering Limited** dans des études commandées par le gouvernement fédéral. Les seules retouches notables que nous avons apporté ont été de limiter la teneur en plomb de l'essence au plomb à un maximum de 0,29 g/l, de supprimer carrément l'utilisation du MMT et d'abaisser à 10 % la part des ventes d'essence au plomb.

Comme l'indice d'octane des essences actuellement sur le marché est bien supérieur à celui fixé par l'ONGC (Office des normes générales du Canada), nous avons jugé important d'étudier les coûts dans l'un et l'autre cas. Quatre options ont été retenues.

- 1) Essences avec MMT, indice d'octane fixé par l'ONGC; répartition des ventes: 70 % sans plomb, 30 % au plomb;
- 2) Essences sans MMT, indice d'octane fixé par l'ONGC; répartition des ventes: 90 % sans plomb, 10 % au plomb;
- 3) Essences avec MMT, indice d'octane actuel; répartition des ventes: 70 % sans plomb, 30 % au plomb;
- 4) Essences sans MMT, indice d'octane actuel; répartition des ventes: 90 % sans plomb, 10 % au plomb.

* Contrat n° KE 145-3-0746

** Hycarb Engineering Limited, "Fuels for Railway and Marine Diesels", pour le compte du Centre de développement des transports, ministère des Transports, Rapport n° TP 5099E, décembre 1983.

Nous avons analysé l'industrie du raffinage à l'aide d'un simulateur de raffinerie et en fonction de quatre régions (Atlantique, Québec, Ontario, Ouest). Pour nous permettre de déterminer qu'elles seraient, au besoin, les modifications à apporter aux installations de raffinage pour les diverses options retenues, nous avons basé nos calculs sur une raffinerie par région, dotée d'une capacité de raffinage égale à celle de l'ensemble des raffineries de la région étudiée. Nous avons supposé que toutes les raffineries actuellement exploitées existeraient en 1990, à l'exception de celle de la Texaco à Edmonton, qui doit fermer à la fin de 1984. Notre raisonnement était de maximiser l'utilisation de l'équipement actuel jusqu'à ce qu'il ne puisse plus répondre aux besoins, puis de choisir alors de nouvelles installations (soit d'isomérisation ou de réformage à haut facteur de sévérité) et en régler l'exploitation pour réduire au minimum la consommation de brut. Le facteur de sévérité du réformage catalytique actuel a été limité à 100 IOR (indice d'octane recherche); les capacités connues ont été réduites en conséquences.

Après avoir défini, à l'aide du simulateur et pour chacune des options retenues, les installations supplémentaires requises dans chaque région pour la production d'essences à indice d'octane fixe, nous avons étudié une à une les raffineries pour déterminer les modifications à leur apporter pour qu'elles puissent fabriquer des produits répondant aux normes admises. Les immobilisations pour de nouvelles installations sont calculées sur la base de renseignements obtenus des concessionnaires de procédés et de notre propre expérience. Les coûts ont été majorés de 30 % pour couvrir les frais extérieurs. Nous n'avons pas envisagé la possibilité de moderniser l'équipement, d'éliminer certains constituants à faible indice d'octane des mélanges d'essence ou d'acheter des constituants de mélange à haut indice d'octane. Ces facteurs pourraient bien entendu réduire les coûts d'immobilisation dans certains cas mais majorer en revanche les coûts d'exploitation. Ces derniers ont été calculés à l'aide des renseignements disponibles sur les coûts des services, catalyseurs, produits chimiques, additifs, entretien, taxes, assurances, main-d'oeuvre, brut etc.

Le coût marginal total de la suppression du MMT et de la réduction à 10 % du taux d'utilisation de l'essence au plomb (taux qui actuellement s'élève à 30 %) s'estime comme suit en dollars de 1984:

	Essences avec indice d'octane fixé par l'ONGC	Essences avec indice d'octane actuel
Immobilisations (en millions de dollars)	305	494
Coûts annuels d'exploitation, à l'exclusion des taxes et du coût du capital (en millions de dollars)	26	42

Les coûts d'immobilisations indiqués dans le corps du rapport ont été majorés de 30 % pour obtenir le coût total après construction.

Les immobilisations sont exactes à $\pm 30\%$ et ne sont données qu'à titre indicatif. Nous n'avons pas tenté d'analyser les répercussions possibles des immobilisations requises sur la viabilité de certaines raffineries. Nous avons plutôt prévu les fonds suffisants pour permettre à toutes les raffineries existantes de se doter des installations requises pour fabriquer des produits conformes aux normes.

Pour fabriquer des essences répondant aux normes de l'ONGC, 10 des 23 raffineries existantes devraient se doter d'installations d'isomérisation. Si l'indice d'octane demeurait inchangé, toutes les raffineries devraient s'équiper d'installations d'isomérisation. Aucune des raffineries n'aurait besoin d'installations autres que celles d'isomérisation. La suppression du MMT et la réduction des ventes d'essence au plomb n'influenceraient que très peu la consommation de brut, avec les installations prévues; la consommation n'augmenterait que de 0,35 % dans le cas des essences avec indice ONGC et de 0,22 % si l'indice d'octane demeurait inchangé. Les coûts d'exploitation tiennent compte de ces augmentations.

Nous avons également jugé bon de chiffrer séparément les coûts liés à la suppression du MMT d'une part, et à l'utilisation d'un plus fort pourcentage d'essence sans plomb, d'autre part. Nos calculs se basaient sur les quatre options ci-dessous et sont résumés dans le tableau qui suit.

- Essence à indice d'octane fixé par l'ONGC, sans MMT, 70 % sans plomb, 30 % au plomb;
- Idem mais avec MMT, 90 % sans plomb, 10 % au plomb;
- Essence à indice d'octane actuel, sans MMT, 70 % sans plomb, 30 % au plomb;
- Idem mais avec MMT, 90 % sans plomb, 10 % au plomb.

	Option a)	Option b)	Option c)	Option d)
Coûts en capital (en millions de dollars)	164	0	112	68
Coûts d'exploita- tion (taxes et coût du capital non compris)	8	11	12	19

Il s'agit de coûts après construction et s'entendent en dollars 1984. Nous avons à cette fin majoré de 30 % les coûts du capital indiqués dans le rapport.

Notre analyse a montré que dans le cas où l'option a serait retenue (c.-à.-d., essence à indice d'octane ONGC, sans MMT, 70 % sans plomb, 30 % au plomb), 5 des 23 raffineries existantes devraient se doter d'installations d'isomérisation. Toutes les raffineries auraient par contre les facilités voulues advenant le choix de l'option b. Si, excepté la suppression du MMT, rien n'était changé (option c), 9 des raffineries actuellement en opération devraient prévoir des installations d'isomérisation. En ce qui concerne l'option d (maintien du MMT mais pourcentage des ventes d'essence au plomb augmentant à 90 %), il faudrait que 7 des raffineries s'équipent pour l'isomérisation. Aucune des raffineries n'aurait besoin d'installations autres que celles d'isomérisation, quelle que soit l'option retenue.

Les besoins en brut résultant de la suppression du MMT ou de la réduction à 10 % des ventes d'essence au plomb n'augmenteraient que très légèrement et varieraient de 0,25 % pour les essences à indice d'octane ONGC (options a et b) à 0,33 % si les raffineries maintenaient l'indice d'octane actuel (option c et d). Les coûts d'exploitation indiqués plus haut tiennent compte de la consommation supplémentaire de brut.

RÉSUMÉ

SOMMAIRE: ANALYSE DES RÉVISIONS PROPOSÉES DES NORMES CANADIENNES RELATIVES AUX ÉMISSIONS DES VÉHICULES AUTOMOBILES DE TYPE LÉGER*

préparé par

Pilorusso Research Associates Incorporated

Les coûts et avantages de la modification des normes canadiennes relatives aux émissions des véhicules de type léger sont analysés. Les normes existantes, en vigueur depuis 1975, fixent les limites à 1,24 g/km (2,0 g/mi) pour les hydrocarbures (HC), à 15,5 g/km (25 g/mi) pour le monoxyde de carbone (CO) et à 1,92 g/km (3,1 g/mi) pour les oxydes d'azote (NO_x). Les limites qu'on envisage d'établir sont de 0,25, 4,35 et 0,62 g/km respectivement pour les HC, le CO et les NO_x et sont identiques à celles qui sont en vigueur dans tous les États-Unis (sauf la Californie) depuis 1981. En vertu de la Loi sur la sécurité des véhicules automobiles, c'est Transports Canada qui établit les limites des émissions permises pour les nouveaux véhicules automobiles vendus au pays.

Les données et informations employées pour l'analyse ont été tirées principalement des rapports commandés par Environnement Canada à des experts-conseils, des études préparées par le personnel du Ministère et des publications accessibles.

Pollution atmosphérique causée par les véhicules de type léger

Trois polluants atmosphériques sont libérés avec les gaz d'échappement des véhicules à moteur à essence: des hydrocarbures, du monoxyde de carbone et des oxydes d'azote. Des hydrocarbures s'évaporent également dans l'atmosphère à partir du réservoir à essence et du carburateur et au moment du plein d'essence. On pense que le monoxyde de carbone et les oxydes d'azote ont des effets directs sur la santé, la végétation et les matériaux. Les hydrocarbures agissent surtout de façon indirecte en contribuant, en présence des oxydes d'azote et sous l'action de la lumière solaire, à la formation d'oxydants photochimiques, tels l'ozone. Les émissions d'oxydes d'azote sont une des causes de l'acidification des précipitations.

* Rapport préparé en vertu du contrat du MAS n° KE145-3-0647

Les véhicules légers représentent la plus importante source d'émission des trois polluants au Canada. En 1980, ils ont libéré dans l'atmosphère 460 000 tonnes de HC, ou 23 p. 100 des émissions totales de ce polluant, 4 719 000 tonnes de CO, ou 45 p. 100 des émissions totales, et 356 000 tonnes de NO_x, ou 20 p. 100 des émissions totales.

L'adoption des normes proposées entraînerait les réductions suivantes des émissions des véhicules légers en 1995:

- pour les HC, 122 000 tonnes par année ou 47 p. 100;
- pour le CO, 2 221 000 tonnes par année ou 52 p. 100;
- pour les NO_x, 161 000 tonnes par année ou 45 p. 100.

Coûts qu'occasionnerait la mise en application des normes proposées

Environ 15 p. 100 des voitures de modèle 1984 vendues au Canada seront équipées de dispositifs antipollution satisfaisant aux normes proposées. Si le pourcentage demeurait le même au cours des prochaines années et que les normes proposées étaient adoptées, cela signifierait que 85 p. 100 des voitures de tourisme vendues devront être équipées d'un matériel antipollution plus coûteux que si les normes actuelles étaient maintenues.

Pour les fabricants des voitures qui devraient recourir à des dispositifs plus perfectionnés, le coût supplémentaire maximal est estimé en moyenne à 143 \$ par voiture. L'augmentation correspondante du prix au détail devrait se chiffrer en moyenne à 235 \$. Ces deux estimations ont été calculées en dollars canadiens de 1983 et sont basées sur les techniques et les coûts de 1981, année où ces dispositifs ont été introduits aux États-Unis. Les coûts pourraient être un peu plus bas au moment de l'entrée en vigueur des normes proposées en raison des progrès technologiques, de la réduction des coûts de fabrication avec l'expérience et d'une chute du coût du matériel électronique.

Les dix premières années suivant l'entrée en vigueur des nouvelles normes, le coût total pour les fabricants se situerait annuellement entre 98 et 121 millions en dollars constants de 1983 selon le volume des ventes si le coût par voiture était de 143 \$. Pour les consommateurs, le coût maximal varierait entre 163 et 202 millions de dollars compte tenu d'un coût par voiture de 235 \$.

L'effet sur le prix au détail est estimé à partir du coût pour les fabricants, auquel on ajoute la marge bénéficiaire moyenne de l'industrie. Dans la réalité, le coût pour les consommateurs dépendra d'un certain nombre de facteurs. À court terme, chaque fabricant fixera les prix au détail en tenant compte, entre autres, du degré de sensibilité

du marché aux prix, de l'importance de la concurrence par les prix et de ses succès de vente par rapport à ses concurrents. Par conséquent, à court terme, les prix au détail pourraient ne pas être étroitement reliés aux coûts pour les fabricants. Toutefois, comme l'imposition des normes proposées entraînera des coûts réels, il est à prévoir que ces coûts seront passés aux consommateurs. Si l'augmentation du prix au détail des voitures de tourisme correspondait à celle estimée, cela représenterait une hausse de 2,2 p. 100 par rapport au prix moyen des voitures de tourisme vendues au Canada en 1983.

Si les normes proposées étaient adoptées, tous les véhicules légers vendus au Canada devraient être équipés de dispositifs antipollution catalytiques qui nécessitent l'utilisation d'essence sans plomb pour bien fonctionner. À l'heure actuelle, environ 20 p. 100 des nouveaux véhicules de tourisme brûlent de l'essence au plomb, et 80 p. 100 doivent utiliser de l'essence sans plomb. Par conséquent, dix ans environ après l'adoption des normes proposées, la répartition des véhicules en fonction du type d'essence consommé, avec ou (/) sans plomb, passerait de 30/70 (qui est la répartition estimée si les normes existantes étaient maintenues) à 10/90. L'Association pétrolière pour la conservation de l'environnement canadien a estimé que la production de l'essence sans plomb supplémentaire et la discontinuation de l'utilisation du méthylcyclopentadiényl-manganèse-tricarbone (MMT) dans cette essence demandera aux raffineries jusqu'à 560 millions de dollars en immobilisations et jusqu'à 80 millions de dollars par année en frais d'exploitation. Ces deux estimations sont en dollars actuels (1984).

La société Monenco (1984) a estimé que la production supplémentaire d'essence sans plomb aux indices d'octane actuels exigerait des raffineurs 494 millions de dollars en immobilisations et 42 millions de dollars par année en frais d'exploitation si le MMT n'était pas employé dans l'essence sans plomb. Si le MMT était employé, les immobilisations nécessaires se chiffraient alors à 68 millions, et les coûts annuels d'exploitation, à 19 millions. Les estimations de la Monenco sont en dollars actuels (1984).

Avantages de la réduction des émissions des véhicules automobiles

À court terme, ces avantages sont:

- une diminution de l'incidence des dommages à la santé causés par l'exposition à des teneurs élevées en monoxyde de carbone, en dioxyde d'azote et en ozone;
- une production accrue des forêts et des cultures dans les régions où elle a diminué sous l'effet des teneurs ambiantes en ozone;

- une diminution de la fréquence et de la gravité des épisodes d'acidification des eaux douces au moment de la fonte printanière de la neige contaminée par des nitrates;
- sous l'effet de la diminution de l'utilisation de l'essence au plomb, une baisse des émissions de plomb, de dibromure d'éthylène et de dichlorure d'éthylène et, par conséquent, des risques d'effets dommageables sur la santé.

La réduction des émissions de HC, de NO_x et de CO et, du même coup, des teneurs en ozone et de la concentration d'acide nitrique dans l'eau de pluie comporte d'autres avantages potentiellement importants à long terme. Si les émissions sont maintenues au niveau actuel, on risque de voir apparaître d'autres effets dommageables encore inconnus. L'abaissement des émissions des véhicules légers en réduira la probabilité.

Avec l'essence sans plomb le moteur et le système d'échappement exigent moins d'entretien, et la consommation d'essence est réduite. On estime que les consommateurs épargneront environ 1 \$ au 1000 kilomètres en passant de l'essence au plomb à l'essence sans plomb. Pour le nouveau parc automobile de 1982, l'économie d'essence réalisée grâce aux voitures de tourisme brûlant de l'essence sans plomb a été estimée en moyenne à 2,8 p. 100.

Résumé des coûts et avantages

Les coûts et avantages de l'adoption des normes de dépollution proposées pour les véhicules légers sont résumés au tableau S.1. Tous ceux qui pouvaient être chiffrés ont été actualisés à 1983 au taux de 10 p. 100 par année. Ils sont en dollars constants de 1983.

L'augmentation des coûts pour les raffineurs qu'occasionnera la production additionnelle d'essence sans plomb aura les conséquences suivantes: comme l'essence sans plomb se vend au détail en moyenne 0,024 \$ de plus le litre que l'essence au plomb, le passage à l'essence sans plomb coûtera 33,82 \$ par année au consommateur qui roule 16 000 km et dont la voiture fait 11,7 km au litre. Cette dépense supplémentaire sera complètement compensée par une économie estimée de 33,60 \$, réalisée grâce à la diminution des frais d'entretien et à l'amélioration du rendement du combustible.

Si l'utilisation du MMT dans l'essence sans plomb était arrêtée, l'effet au détail de l'accroissement des coûts pour les raffineurs se chiffrerait entre un tiers et un demi cent le litre selon la province où l'essence est vendue.

Comparaisons des rapports coût-efficacité

Si les coûts de la réduction des émissions étaient également répartis entre les trois polluants, pour le consommateur ils se chiffraient approximativement à 432 \$ la tonne pour les hydrocarbures, à 26 \$ la tonne pour le monoxyde de carbone et à 355 \$ la tonne pour les oxydes d'azote, en dollars constants de 1983. Si seulement les coûts directs relatifs au matériel antipollution étaient pris en considération, on aurait alors 240 \$ la tonne pour les hydrocarbures, 14 \$ la tonne pour le monoxyde de carbone et 198 \$ la tonne pour les oxydes d'azote. Toutes ces estimations comprennent les coûts de la production supplémentaire de l'essence sans plomb, mais non ceux qu'entraînerait le remplacement du MMT. Si ces derniers étaient inclus, cela augmenterait approximativement les coûts de 137 \$, 8 \$ et 113 \$ la tonne pour les HC, le CO et les NO_x respectivement.

En raison de l'insuffisance des données disponibles, il n'a pas été possible de comparer de façon explicite les rapports coût-efficacité (coût par tonne) de la réduction des émissions de HC, CO et NO_x des véhicules légers avec une réduction équivalente des émissions provenant de différentes sources. Les seules données canadiennes disponibles concernaient la réduction des NO_x aux centrales thermiques. Dépendamment des facteurs d'utilisation de la capacité, de la durée prévue d'exploitation de la centrale et du pourcentage de diminution des émissions, Hydro-Ontario a estimé que la réduction des émissions de NO_x coûte entre 60 et 3000 \$ la tonne en dollars de 1984. Environnement Canada a estimé que pour les centrales de la Nouvelle-Écosse, du Nouveau-Brunswick, de l'Ontario, de la Saskatchewan et de l'Alberta, le coût se situe généralement entre 115 \$ et 360 \$ la tonne en dollars de 1982.

Les estimations faites aux États-Unis pour d'autres sources varient considérablement selon la source et la stratégie de dépollution. Les normes proposées devraient permettre de réduire les émissions des véhicules légers à un coût (par tonne) qui se situe dans la gamme des coûts estimés pour les autres sources.

Conséquences indirectes

Les conséquences indirectes prises en considération intéressent la répartition des coûts et avantages, l'incidence dynamique, la structure du marché, le commerce international, l'emploi, l'économie ainsi que l'inflation.

En ce qui concerne la répartition des coûts en fonction du revenu, les coûts absolus seront absorbés dans une plus forte proportion par les groupes à revenu plus élevé, mais ils prendront un pourcentage plus élevé du revenu des groupes à revenu plus faible.

Pour ce qui est de la répartition géographique des coûts et avantages, les coûts des dispositifs antipollution nécessaires seront répartis entre tous les acheteurs de voitures au pays. Les avantages seront probablement plus marqués dans les plus grandes villes et sous le vent de celles-ci, aux endroits où la pollution atmosphérique est plus élevée et où les émissions par les automobiles sont un facteur déterminant de la qualité de l'air.

Comme les techniques requises pour respecter les normes proposées existent déjà pour pratiquement tous les véhicules légers vendus au Canada et qu'elles se trouvent déjà sur tous les véhicules vendus aux États-Unis, il ne sera pas nécessaire de mettre au point de nouvelles techniques au Canada. Par conséquent, l'effet dynamique du règlement proposé devrait être minime.

À l'heure actuelle, au moins deux types différents de dispositifs antipollution, un pour le Canada et un autre pour les États-Unis, sont installés sur les voitures produites dans les usines canadiennes et américaines, sur les mêmes chaînes de montage. Les normes canadiennes proposées auraient pour effet d'éliminer la production de véhicules munis de dispositifs antipollution spéciaux pour le marché canadien. Il pourrait s'ensuivre une augmentation des rendements de production et une diminution des inventaires requis.

Il y a deux aspects à la question de l'incidence sur la structure du marché. Le premier est qu'un certain nombre de fabricants étrangers vendent leurs voitures au Canada, mais non aux États-Unis. Certains d'entre eux n'ont pas directement accès aux dispositifs antipollution nécessaires pour respecter les normes proposées. Leurs coûts seront plus élevés que ceux de leurs concurrents. Comme la concurrence exercée par la plupart de ces importateurs se fait surtout au niveau des prix, tout avantage perdu à ce niveau aura une incidence sur les ventes. L'autre aspect touche à la position relative de concurrence des importateurs par rapport aux fabricants de voitures domestiques. D'après les données fournies, les constructeurs étrangers devraient être plus durement touchés au niveau des coûts que leurs concurrents nord-américains par l'imposition des normes proposées. Ils seront donc en moins bonne position de concurrence, car ils devront soit augmenter leurs prix au détail pour couvrir les coûts supplémentaires et s'exposer ainsi à une baisse de leur chiffre d'affaires, soit absorber eux-mêmes ces coûts et accepter alors des profits réduits. La différence des coûts pour les importateurs et les fabricants nord-américains devrait favoriser ces derniers.

On estime que 95 p. 100 des dispositifs antipollution nécessaires pour respecter les normes proposées seront importés. Il en résultera une augmentation des importations canadiennes de produits de l'industrie automobile qui pourrait atteindre 143 millions de

TABEAU S.1 RÉSUMÉ DES AVANTAGES ET DES COÛTS QU'ENTRAÎNERAIT L'ADOPTION DES NORMES RELATIVES AUX ÉMISSIONS DES VÉHICULES LÉGERS (DE 1987 À 1996)

Avantages	Valeur* (millions en dollars de 1983)
1) Diminution de l'incidence des dommages à la santé causés par l'exposition au CO, au NO ₂ , au O ₃ et au plomb dans l'air ambiant.	**
2) Accroissement de la production forestière et agricole à des endroits où une diminution attribuable aux teneurs en ozone est observée.	**
3) Diminution de la contribution des rejets de nitrates à l'acidité des précipitations.	**
4) Avantages intangibles et inconnus de la réduction des émissions de HC, CO et NO _x .	**
5) Plus grande économie d'essence par suite de l'utilisation accrue de l'essence sans plomb.	75
6) Diminution des coûts d'entretien grâce à l'utilisation accrue de l'essence sans plomb.	68
Coûts	
1) Coût de l'équipement antipollution	
(a) Coûts directs	
Coût pour le fabricant	538
(b) Coûts indirects	
Marge bénéficiaire du fabricant	124
Taxe de vente fédérale	59
Marge bénéficiaire du concessionnaire	124
Recherche et développement	51
Sous-total	358
Coût total pour le consommateur	896
2) Coût de production de l'essence sans plomb supplémentaire	
(a) Immobilisations et coûts d'exploitation des raffineries	76 - 459***
(b) Marges et taxes sur l'augmentation de coût pour les raffineurs	**

* Valeur nette en 1983 pour un taux d'actualisation de 10 %.

** Impossible à déterminer.

*** Le chiffre de 76 millions de dollars n'inclut pas les coûts de l'extraction du MMT de l'essence sans plomb. Celui de 459 millions correspond à la plus élevée des deux estimations disponibles qui incluent les coûts de l'extraction du MMT.

dollars (1983) par année, ce qui représente un peu moins de 1 p. 100 de la valeur des importations de ces produits en 1983. L'autre effet sur le commerce international concerne le nombre de citoyens américains qui achètent des voitures au Canada. En vertu de l'Accord entre le gouvernement canadien et le gouvernement des États-Unis concernant les produits de l'industrie automobile, les citoyens américains peuvent acheter une voiture au Canada et l'importer aux États-Unis sans payer de frais de douane, si cette voiture répond aux normes américaines de dépollution et de sécurité. À l'heure actuelle, seulement 15 p. 100 environ des voitures vendues au Canada satisfont aux normes américaines et peuvent donc être importées aux États-Unis. Si les normes proposées étaient adoptées, pratiquement toutes les voitures vendues au Canada pourraient être importées aux États-Unis.

En ce moment, les voitures vendues au Canada coûtent moins cher que les modèles comparables vendus aux États-Unis si on tient compte des différences aux niveaux de la taxe de vente fédérale et du taux de change. Les modèles dont le prix au détail suggéré par le fabricant est inférieur à 15 000 \$ coûtent généralement 9 ou 10 p. 100 de moins, en moyenne, au Canada qu'aux États-Unis. Les voitures vendues au Canada qui peuvent être importées aux États-Unis se vendent actuellement environ 5 p. 100 moins cher ici qu'aux États-Unis.

Si la réglementation canadienne concernant les émissions devenait substantiellement identique à celle des États-Unis, on est en droit d'attendre que les meilleurs prix et la vaste gamme de modèles offerts au Canada inciteront un plus grand nombre de citoyens américains à acheter leur voiture au Canada. Cela aura un effet positif sur notre balance commerciale. Toutefois, à défaut d'autres mesures pour empêcher l'importation individuelle de voitures par les citoyens américains, les concessionnaires américains exerceront des pressions intenses auprès des fabricants de voitures domestiques pour qu'ils augmentent leurs prix au Canada de façon à décourager les citoyens américains d'y acheter leurs voitures.

Les sorties de dollars pour l'importation du matériel antipollution supplémentaire pourraient atteindre 143 millions de dollars (de 1983) par année. En contrepartie, il y aura réduction des dépenses pour l'achat d'autres articles et réduction des économies des acheteurs de voiture. On a estimé l'importance de ces effets à l'aide du modèle des entrées-sorties interprovincial de Statistique Canada. D'après les calculs des entrées et sorties, les normes proposées entraîneraient une réduction des revenus pour la main-d'oeuvre canadienne d'environ 80 millions de dollars par année, une réduction du PNB canadien d'environ 120 millions de dollars par année et peut-être aussi une diminution du

nombre d'emplois créés au Canada qui pourrait se chiffrer à 3200 par année par rapport à ce qui serait si l'argent était dépensé au Canada. On fait remarquer cependant qu'en raison de certains défauts du modèle et de l'évolution de la structure de l'économie canadienne depuis la construction de celui-ci, il est possible que ces estimations soient élevées, et même par une marge importante.

Selon la définition de l'inflation donnée par Statistique Canada, les normes proposées n'auraient aucune répercussion à ce niveau.